

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



***Analisis Economic Load Dispatch Menggunakan Particle Swarm  
Optimization Pada Saluran Transmisi 150 kV  
Sub Sistem Paiton - Bali***

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :  
DONI FERIN HARINDRA  
NIM: 01.12.053**

**MARET 2006**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO LISTRIK

Analisis Ekonomi dan Efisiensi Penggunaan Listrik  
 Optimisasi Pada Sistem Tenaga Listrik  
 Sub Sistem Tenaga - 1991

SKRIPSI

Disusun oleh :

BOON TERRY HANAWAY

1991.01.01



SKRIPSI 1991

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



***Analisis Economic Load Dispatch Menggunakan Particle Swarm  
Optimization Pada Saluran Transmisi 150 kV  
Sub Sistem Paiton - Bali***

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :  
DONI FERIN HARINDRA  
NIM: 01.12.053**

**MARET 2006**



## LEMBAR PERSETUJUAN

**Analisis *Economic Load Dispatch* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* Pada Saluran Transmisi 150 kV  
Sub Sistem Paiton - Bali**

### SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi Dan Memenuhi Syarat  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh:  
**DONI FERIN HARINDRA**  
NIM: 01.12.053



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Yudi Limpraptono, MT.  
NIP. Y. 103 9500 274

Menyetujui  
Dosen Pembimbing

Ir. Choirul Saleh, MT.  
NIP. 101 8800 190

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



# LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**My Special Thank's to :**



ALLAH SWT, atas limpahan berKah, rahMat dan PeTunjuk – Mu lah aQ dapat nyelese'in SkriPsi-Q ini. Serta junjunganku Nabi Muhammad SAW yang telah memberi suri teladan-NYA kepada seluruh umat manusia Terima Kasih Ya ALLAH Kau sudah MenDenGar DoA hambamu ini dan Kau juga Telah bRi ku kesehatan, KemaMpuAn, kesaBaran dan KekuAtan untuk daPat berTahAN sehinggA sQriPzee-Q ini daPat terSelesaikan. Hanya kepada-MU aku berserah diri dan minta petunjuk Dalam hidup ini dengan iman dan taqwa Amin Yaa Robbal 'Alamin...

**My Daddy and My Mom**, trimakasih banget DecH PokokNya berkat beliau BerRduA yang TeLah MencuRahkan segAlanYa, baik Dana, SeManGat dan MoTivAsi serta DOA untilL sQripZee-Q ini keLar. Tak'kan Ku LuPa JasA dan pengorbanan engkau BerDua yang Telah BerPeran BanYak DaLam MenuntaskAn SqripZee-Q ini. Makasih ya Mah.. Pah. Akhirnya Aq CuMa Bisa MenDO'akan, Hope Mom and Dad DiBerI keSehAtAn dan UmuR yang PanJanG serta KeLanCaran RiZky DaLam SeTiaP langkah. InsyaAllah... AMIN...

**To Dewi as My LoVely Honey**, I would like to say much much Thankyou ( not enough by saiz ) 4 everything that you have given to me, makasih buat suport, sayang, cinta, perhatian, pengertian dan kesetiannya selama ini. Do'ain biar mas cpt daPet Kerjaan. Amin. I need u more than you know Honey...!! Keep Beside me yach Yank....!!

**My SisTer's And My FaMiLY**

**ThanK's BeRat BuaT mbak Evi 'n mbak Eva**, tanpa dukungan dr kaLiaN aq gk baKaLan bs lulus secepat ini. Buat Mbak Evi, Ayo yG Rajin klo nGajaR 'n jangan galak2 yach ntar muridnya jd takut. Buat Mbak Eva, MakaSih bUat seMua weJanGannya, Doa'in Ande2 cepet DapeT keRjaan.Tu'ks SoDaRa SoDaRa di MaLanG, SurabaYa, Magetan, PonoRoGo, MaDiun, JeMbeR dan di TemPat Yang LuEn... TriMa Kasih BAnyaK AtaS DukunGan dan Doa dari kaLiaN seMua sH aQ BiSa lulaS....BtW Ga Ada yaNg Mo NaWaRin Aq KeRjaan tHa ?





This sQripZee will thank's To :

Dosen Pembimbing Bp. Ir. Choirul Saleh, MT  
yang telah membimbing dan membantu saya dalam  
penyusunan skripsi ini. Mohon maaf atas kesalahan  
yang pernah saya perbuat, semoga Bapak  
memakluminya. Dan doakan Saya agar menjadi orang  
yang sukses serta banyak rejeki. Amin...

EleCtriCaL CreW aRe :

The ProGraMmeR : UgrO's ClaN and also very eSpeCialLy thank's to  
Sony\_nics\_exiter@wherever U R.com as My 'GReaT CLuE', Thank's 4 knowledges,  
supports n patient to teach me 'Till I can Graduate. Thank's a lot Guy's, with BotH of  
U, my SqRiPzee caN be dOne 'n WorKed peRfecTly.....Nice wOrk Guy's.

ElectriCaL PeoPLe 2001 : SeMua TeMeN yang UdaH WiSuDa DulUan MoGa –  
Moga Cepet Dapet KerJa Dan KLo MeRid UnDanG aQ Yo...TeMeN  
sePerJoeAnGanQ KoMpre : UbEt\_pLayBoy (moGa TamBah Ganteng mirip AriEL,  
jgn keseringan In 'D Hoy 'n Moga pabrik Krupuknya lebih Exist in the fUtuRe  
kekeke)...UluM\_jenggOT (seRinG2 NgILer semBaraNGan 'n Nge-CruTin jerawat  
aZa yach, btw ThanKs bwt Onde-onde , keciput 'n TV TunneRnya  
hehehe)...AnaNg\_reMote froM KrOmenGaN's (thank's BuaT antar jemPutnya dan  
tetep GagaP ya, insyallah Kapan2 aQ dolan ke Kawi ya Bro hahaha)...Kalis\_innocent  
(im proud to knew someone like you 'n keep SmarT Boyz)...Zahid bin Laden  
(kekeke JanGan Lupa GanTi Baju dunk klo ke kAmpUs, mAsa' itu2 aJa  
sEch??)...Arif\_Pak LuraH (Horas Bah...waH2 tambah asYik aja Genjotannya,  
ngomong2 koK gk MasUk peLatNas caBang BalaP sEpedA aja Rip???heheheh)  
To Other Electrical People are Arek2 2001 (Aries, Rika, Dini, Memed, Ucok, Fahmi,  
Bremy, Yudha, Widiyanto, Dewa...sory klo gk kesebut) sukses terus ya prend..!!  
To all of My Closest Friend's are Arik\_ngombet, Herman\_Kirkof, Hendra IWALA  
(bencong bo'), Boni\_sangkuk, Pendency\_PNS, Adjust\_Pak\_D, Hury\_haisye sing  
semangat KeR.. To Puskopad tim sukses kompre Abas, Daud, Eko, Budi, kaktus,  
Bayu CayO Sam. TO My Kreet's Team (PARALOLLA) are Eko\_Labrie,  
Tio\_Petrucy, Lipo\_Myung, Ajeng\_Kikan, Dita\_Peggy, Pethok\_SupercHef,  
Enthung\_Drummer, Widi\_Brokoli...kapan niH reuNian??Wes Kangen peNgen  
KeTemU...!!Btw klo marRieD don'T 4Get Undangannya. Bwt yg udah KerJa, gK  
onok lowongan tha ReK??Selamat berkarya Rek...!!Keep On Touch...!!

To My Best Friend's are Mas Ony (civil ITN '98),  
NininG\_kopenHageN, cecE-q Asthree mogA aja  
KaLian cPt berKeluarga 'N hope u alWays keep By  
God...AMIN..Don' Forget mE...!!

BuaT TeMen – TemEn yG NaManYa LoM' Ada Di  
HaLamaN PersemBaHanKu Ini, aQ MinTa MaaF kLo  
HaL iTu BuKan KaReNa UnsuR KesenGajaaN TaPi  
KaReNa BoRdeR-nYa, yG Ga' MemunGkinKan GuE  
BuaT NuLis LeBiH BanYaK LaGi, btW MaKasiH  
BanYak Friend's AtaS DukuNGan & SuPPoRt  
KaLiaN, GooD LuCk anD KeeP OuR FrieNdship !!

ThanK's 4 All...



## ABSTRAKSI

### **Analisis *Economic Load Dispatch* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* pada Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton – Bali**

(Doni Ferin Harindra, Nim. 01.12.053, Teknik Elektro Energi Listrik S-1)  
(Dosen Pembimbing : Ir.Choirul Saleh, MT)

**Kata Kunci:** *Economic Load Dispatch*, *Particle Swarm Optimization*, batasan aliran daya, batasan tegangan.

Adanya persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang selalu berubah setiap saat menimbulkan permasalahan yaitu bagaimana mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi permintaan daya pada setiap saat, dengan kualitas baik dan harga yang murah. Oleh karena itu pada suatu operasi pada beban tertentu, perhitungan ekonomis harus tetap merupakan suatu prioritas atau nilai yang harus diperhitungkan disamping hal-hal lain sehingga nantinya diperlukan suatu rencana operasi yang optimum dengan tetap memenuhi beberapa persyaratan pengoperasian sistem tenaga listrik yaitu antara lain : daya yang dibangkitkan cukup untuk memasok beban dan rugi-rugi daya pada saluran transmisi serta tegangan bus sesuai dengan ratingnya

Skripsi ini menganalisis *economic load dispatch* dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*. Hasil dari analisa tersebut nantinya dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam operasi pembangkitan dan penyaluran daya yang ekonomis dan optimal, terutama mengenai optimasi biaya pembangkitan. Input dari program ini adalah biaya bahan bakar (*fuel cost*) dan hasil perhitungan aliran daya, sedangkan hasil akhir dari program ini yaitu hasil perhitungan aliran daya, tegangan dan sudut fasa tiap-tiap bus serta biaya pembangkitan yang optimum.

Analisa dilakukan dengan bantuan program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi versi 7.0 dan telah sukses dicoba pada Sub sistem 150 kV Paiton-Bali yang terdiri dari 25 bus, dimana telah berhasil dilakukan penghematan biaya pembangkitan sebesar Rp. 584.705,00 atau terjadi optimasi biaya sebesar 10,959 %.



## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah S.W.T atas karunia dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, yang diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Eektro Konsentrasi Energi Listrik, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir.Yudi Limpraptono, MT, selaku ketua jurusan Teknik Elektro Konsetrasi Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Ir. Mimien Mustikawati, selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT, selaku dosen pembimbing atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran dan masukan dalam skripsi ini.
6. Orang tuaku tercinta yang selalu memberikan dorongan moral dan semangat untuk mencapai cita-cita sesuai dengan yang kita inginkan.
7. Semua pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini kemungkinan masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik yang membangun penulis harapkan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun, maupun pembaca pada umumnya.

Malang, Maret 2006

Penulis



## DAFTAR ISI

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b> | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRAKSI .....</b>         | <b>ii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>     | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>        | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>      | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>       | <b>xi</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK .....</b>     | <b>xii</b> |

### **BAB I. PENDAHULUAN**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1.1. Latar Belakang.....         | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah.....        | 2 |
| 1.3. Tujuan .....                | 3 |
| 1.4. Batasan Masalah .....       | 3 |
| 1.5. Metodologi Penelitian.....  | 4 |
| 1.6. Sistematika Penulisan ..... | 5 |

### **BAB II. SISTEM TENAGA LISTRIK, OPERASI DAN KARAKTERISTIK**

#### **UNIT PEMBANGKIT**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 2.1. Sistem Tenaga Listrik .....           | 6  |
| 2.2. Saluran Transmisi .....               | 7  |
| 2.2.1. Saluran Transmisi Pendek.....       | 8  |
| 2.2.2. Saluran Transmisi Menengah.....     | 8  |
| 2.2.3. Saluran Transmisi Panjang .....     | 10 |
| 2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik..... | 11 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Sistem Per-Unit.....                                                             | 12 |
| 2.4.1. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit.....                                            | 14 |
| 2.5. Sistem Operasi Pada Sistem Tenaga Listrik.....                                   | 15 |
| 2.6. Karakteristik Pembangkit Listrik.....                                            | 18 |
| 2.6.1. Karakteristik Masukan – Keluaran.....                                          | 18 |
| 2.6.2. Karakteristik <i>Heat-Rate</i> .....                                           | 20 |
| 2.6.3. Karakteristik <i>Incremental Heat-Rate</i> .....                               | 20 |
| 2.7. <i>Economic Dispatch</i> .....                                                   | 22 |
| 2.7.1. Fungsi Biaya Bahan Bakar.....                                                  | 22 |
| 2.7.2. <i>Economic Dispatch</i> Dengan Mengabaikan Rugi – rugi<br>Transmisi .....     | 23 |
| 2.7.3. <i>Economic Dispatch</i> Dengan Memperhitungkan Rugi – rugi<br>Transmisi ..... | 26 |

### **BAB III. ALIRAN DAYA *NEWTON-RAPHSON* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 3.1. Analisa Aliran Daya.....                    | 28 |
| 3.1.1. Klasifikasi Bus .....                     | 29 |
| 3.1.2. Metode Newton Raphson.....                | 30 |
| 3.1.3. Prosedur Aliran Daya Newton Raphson.....  | 31 |
| 3.2. <i>Particle Swarm Optimization</i> .....    | 32 |
| 3.2.1. Teori Dasar.....                          | 32 |
| 3.2.2. Parameter PSO .....                       | 33 |
| 3.3. Algoritma Program .....                     | 36 |
| 3.3.1. Algoritma Program Dasar Permasalahan..... | 36 |



|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.3.2. Algoritma Program Aliran Daya Newton Raphson ..... | 37 |
| 3.3.3. Algoritma Program ELD Menggunakan PSO .....        | 38 |
| 3.4. Diagram Alir Program .....                           | 40 |
| 3.4.1. Diagram Alir Program Dasar Permasalahan .....      | 40 |
| 3.4.2. Diagram Alir Newton Raphson .....                  | 41 |
| 3.4.3. Diagram Alir PSO .....                             | 42 |

## **BAB IV. ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Program Komputer ELD Menggunakan PSO .....                     | 43 |
| 4.2. Data Pembangkitan Thermal Pada Sub Sistem Paiton – Bali .....  | 43 |
| 4.3. Data Pembangkitan dan Pembebanan Sub Sistem 150 kV .....       | 47 |
| 4.4. Data Saluran Transmisi Sub Sistem Paiton – Bali .....          | 48 |
| 4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan .....                 | 49 |
| 4.6. Hasil dan Analisis Hasil Perhitungan ELD Menggunakan PSO ..... | 56 |
| 4.6.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal .....                         | 57 |
| 4.6.2. Hasil Perhitungan Setelah Optimasi .....                     | 60 |
| 4.7. Perbandingan Hasil ELD Sebelum dan Setelah Optimasi .....      | 63 |
| 4.7.1. Tingkat Optimum Biaya Pembangkitan .....                     | 63 |
| 4.7.2. Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan .....       | 64 |
| 4.7.3. Perbandingan Pembangkitan Daya Aktif .....                   | 66 |
| 4.7.4. Perbandingan Aliran Daya .....                               | 67 |
| 4.7.5. Perbandingan Tingkat Rugi Daya .....                         | 68 |
| 4.8. Hasil Validasi IEEE 30 Dengan Metode PSO .....                 | 69 |

**BAB V. PENUTUP**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1. Kesimpulan..... | 71 |
| 5.2. Saran.....      | 72 |

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1. Rangkaian Setara Saluran Transmsisi .....                                         | 7  |
| Gambar 2.2. Rangkaian Setara Saluran Transmsisi Pendek.....                                   | 8  |
| Gambar 2.3. Rangkaian Setara Saluran Transmsisi Menengah.....                                 | 9  |
| Gambar 2.4. Rangkaian Setara Saluran Transmsisi Panjang.....                                  | 10 |
| Gambar 2.5. Unit Boiler – Turbin Generator .....                                              | 19 |
| Gambar 2.6. Kurva Karakteristik <i>Input-Output</i> Pembangkit Thermal .....                  | 19 |
| Gambar 2.7. Kurva Karakteristik <i>Heat-Rate</i> Unit Pembangkit .....                        | 20 |
| Gambar 2.8. Kurva Karakteristik <i>Incremental Heat Rate/Fuel Cost</i> .....                  | 21 |
| Gambar 2.9. N-Unit Pembangkit Thermal Melayani Beban $P_R$ .....                              | 23 |
| Gambar 2.10 N Buah Pembangkit Thermal Melayani Beban $P_R$ Melalui Saluran<br>Transmisi ..... | 26 |
| Gambar 4.1 Single Line Diagram Paiton - Bali.....                                             | 45 |
| Gambar 4.2. Tampilan Utama Program.....                                                       | 49 |
| Gambar 4.3. Tampilan Masukan Data .....                                                       | 49 |
| Gambar 4.4. Tampilan Data Bus .....                                                           | 50 |
| Gambar 4.5. Tampilan Data Saluran .....                                                       | 50 |
| Gambar 4.6. Tampilan Data Generator .....                                                     | 51 |
| Gambar 4.7. Tampilan Hasil Kondisi Awal.....                                                  | 51 |
| Gambar 4.8. Tampilan <i>Load flow</i> Kondisi Awal .....                                      | 52 |
| Gambar 4.9. Tampilan <i>Summary</i> pada Kondisi Awal .....                                   | 52 |
| Gambar 4.10. Tampilan Parameter PSO .....                                                     | 53 |
| Gambar 4.11. Tampilan Hasil Akhir Program .....                                               | 53 |
| Gambar 4.12. Tampilan Hasil Kondisi Akhir .....                                               | 54 |
| Gambar 4.13. Tampilan <i>Load flow</i> Kondisi Akhir .....                                    | 54 |



Gambar 4.14. Tampilan *Summary* pada Kondisi Akhir ..... 55

Gambar 4.15. Tampilan Grafik Perbandingan Tegangan dan Bus ..... 55

Gambar 4.16. Tampilan Parameter PSO Validasi IEEE 30 Bus ..... 69

Gambar 4.17. Tampilan Hasil Loadflow Validasi ..... 69

Gambar 4.18. Tampilan Hasil Validasi IEEE 30 Bus ..... 70

## DAFTAR TABEL

|             |                                                                                                    |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1.  | Parameter Unit Pembangkit Thermal .....                                                            | 44 |
| Tabel 4.2.  | Persamaan Biaya Pembangkitan Unit Pembangkit Thermal .....                                         | 44 |
| Tabel 4.3.  | Penomoran Bus Sub Sistem 150 kV Paiton – Bali .....                                                | 46 |
| Tabel 4.4.  | Data Pembangkitan dan Pembebanan .....                                                             | 47 |
| Tabel 4.5.  | Data Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton Bali .....                                         | 48 |
| Tabel 4.6.  | Hasil Perhitungan Kondisi Awal .....                                                               | 57 |
| Tabel 4.7.  | Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum Optimasi .....                                               | 58 |
| Tabel 4.8.  | Hasil Perhitungan Daya Yang dibangkitkan dan biaya Operasi Sebelum Optimasi .....                  | 59 |
| Tabel 4.9.  | Hasil Perhitungan Setelah Optimasi .....                                                           | 60 |
| Tabel 4.10. | Hasil Perhitungan Aliran Daya Setelah Optimasi.....                                                | 61 |
| Tabel 4.11. | Hasil Perhitungan Daya Yang dibangkitkan dan biaya Operasi Setelah Optimasi .....                  | 62 |
| Tabel 4.12. | Perbandingan Tingkat Optimum Biaya Pembangkitan .....                                              | 63 |
| Tabel 4.13. | Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan .....                                             | 64 |
| Tabel 4.14. | Perbandingan Pembangkitan Daya Aktif Kondisi Awal dan Setelah Optimasi .....                       | 66 |
| Tabel 4.15. | Perbandingan Aliran Daya Aktif dan Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Optimasi Pada Tiap Bus .....   | 67 |
| Tabel 4.16. | Perbandingan Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi Daya Aktif Sebelum dan Setelah Optimasi ..... | 68 |
| Tabel 4.17. | Perbandingan Hasil Data Referensi Jurnal dengan Data Optimasi..                                    | 70 |

## **DAFTAR GRAFIK**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafik 4.1. Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Awal ....           | 59 |
| Grafik 4.2. Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Akhir ...           | 62 |
| Grafik 4.3. Perbandingan Tegangan Pada Tiap Bus Sebelum Dan Setelah<br>Optimasi ..... | 65 |
| Grafik 4.4. Perbandingan Daya yang Dibangkitkan Sebelum Dan Setelah<br>Optimasi ..... | 66 |
| Grafik 4.5. Perbandingan Total Pembangkitan, Pembebanan dan<br>Rugi – rugi Total..... | 68 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sistem tenaga listrik secara garis besar dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : sisi pembangkit tenaga listrik, jaringan transmisi dan beban. Adanya persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang tidak tetap dari waktu ke waktu, sehingga menimbulkan permasalahan yaitu bagaimana mengoperasikan suatu sistem tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi permintaan daya pada setiap saat, dengan kualitas baik dan harga yang murah. Oleh karena itu pada suatu operasi pada beban tertentu, perhitungan ekonomis harus tetap merupakan suatu prioritas atau nilai yang harus diperhitungkan disamping hal-hal lain sehingga nantinya diperlukan suatu rencana operasi yang optimum dengan tetap memenuhi beberapa persyaratan pengoperasian sistem tenaga listrik yaitu antara lain : daya yang dibangkitkan cukup untuk memasok beban dan rugi-rugi daya pada saluran transmisi, tegangan bus sesuai dengan ratingnya serta tidak adanya pembebanan lebih pada unit-unit pembangkit yang beroperasi.

Alokasi daya yang tepat dalam sistem bisa menghasilkan kondisi optimum, yaitu kondisi dengan rugi-rugi transmisi yang minimum dengan biaya investasi yang murah, sehingga mampu memperbaiki profil tegangan sistem. Permasalahan besarnya rugi-rugi di saluran telah menjadi perhatian utama khususnya pada saluran transmisi 150 KV.

Masalah-masalah diatas dapat diatasi dan dipecahkan salah satunya dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*. Dengan *Particle Swarm Optimization* ini akan mengoptimalkan pembebanan ekonomis untuk



mengurangi rugi daya dengan meminimalkan biaya pengoperasian pada jaringan transmisi Sub Sistem 150 KV Paiton-Bali, sehingga didapat kualitas suatu sistem tenaga listrik yang baik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka muncul permasalahan yaitu bagaimana mengoptimalkan pembebanan ekonomis dan mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi 150 kV sub sistem Paiton – Bali. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *Particle Swarm Optimization*.

Dari permasalahan diatas maka makalah ini berjudul :

### **“Analisis *Economic Load Dispatch* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* pada Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton – Bali”**

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan diatas maka skripsi ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa profil tegangan yang terjadi pada saluran 150 kV sub sistem Paiton-Bali dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*.
2. Mengoptimalkan biaya pembangkitan dari unit pembangkit yang beroperasi pada saluran transmisi 150 kV sub sistem Paiton – Bali.
3. Menganalisa rugi – rugi daya aktif pada saluran transmisi sub sistem Paiton – Bali dengan adanya pengoptimalisasian biaya bahan bakar.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan skripsi ini dibatasi sebagai berikut:

1. Analisis aliran daya secara ekonomis pada saluran transmisi 150 KV Sub Sistem Paiton-Bali menggunakan aliran daya *Newton Raphson*.
2. Analisa dilakukan dengan asumsi bahwa sistem berada dalam operasi normal.
3. Analisa perhitungan pada pembangkit termal saja.
4. Tidak membahas masalah peralatan kompensasi dan penempatannya
5. Tidak membahas masalah kontrol tegangan.

#### **1.5 Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

##### **1. Studi literatur**

Yaitu kajian pustaka yang mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang telah ada, yang berhubungan dengan permasalahan.

2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam obyek penelitian yakni data impedansi saluran transmisi dan data pembebanan Sub Sistem 150 KV Paiton-Bali serta data pembangkit termal.
3. Merancang perangkat lunak (*software*) dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*.
4. Simulasi dan pembahasan masalah

Simulasi dan pembahasan masalah dengan menggunakan bahasa pemrograman *Borland Delphi* versi 07.

## 5. Menarik kesimpulan.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

#### BAB I : PENDAHULUAN

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

#### BAB II : SISTEM TENAGA LISTRIK, OPERASI EKONOMIS, DAN KARAKTERISTIK UNIT PEMBANGKIT

Menguraikan pembahasan sistem tenaga listrik dan *economic load dispatch* secara umum.

#### BAB III : ALIRAN DAYA *NEWTON – RAPHSON* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Menguraikan teori dasar dari aliran daya, metode aliran daya *Newton Raphson*, teori PSO, dan adaptasi PSO ke permasalahan, algoritma dan flowchart.

#### BAB IV : ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Menguraikan data pada saluran transmisi 150 kV sub sistem Paiton – Bali, yang meliputi data pembangkitan, pembebanan dan data generator, saluran transmisi, menguraikan alur program, hasil validasi, serta hasil perhitungan menggunakan metode PSO.

## **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

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

### **1.7 Kontribusi Penelitian**

Adapun kontribusi dari skripsi ini adalah diharapkan penggunaan dari metode *Particle Swarm Optimization* dalam menganalisa pembebanan secara ekonomis sehingga dapat menekan rugi-rugi daya aktif dengan biaya operasional yang murah dalam sistem sehingga dapat diterapkan oleh pemerintah khususnya PT. PLN (Persero), yang nantinya akan berguna bagi PLN sebagai perusahaan penyedia energi listrik di Indonesia.

## **BAB II**

### **SISTEM TENAGA LISTRIK, OPERASI EKONOMIS DAN KARAKTERISTIK UNIT PEMBANGKIT**

#### **2.1. Sistem Tenaga Listrik<sup>[3]</sup>**

Sistem tenaga listrik ada tiga bagian utama yaitu : pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi serta sistem distribusi yang berhubungan langsung dengan konsumen. Saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit melalui hubungan antar sistem yang menuju sistem pada sistem yang lain.

Saluran transmisi mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya dalam menyalurkan daya listrik. Keempat parameter tersebut yaitu : resistansi ( $R$ ), induktansi ( $L$ ), kapasitansi ( $C$ ), serta konduktansi ( $G$ ).

Resistansi umumnya tergantung pada jenis penghantar sedangkan konduktansi menyatakan besarnya arus bocor antar penghantar, antar penghantar dengan tanah, tetapi harganya relatif kecil maka dapat diabaikan. Induktansi adalah parameter rangkaian yang menghubungkan tegangan yang diimbaskan oleh perubahan fluksi akibat perubahan arus, sedangkan kapasitansi suatu saluran transmisi timbul akibat adanya beda potensial antara penghantar dengan tanah, dalam hal ini kapasitansi menyebabkan penghantar bermuatan seperti yang terjadi pada pelat kapasitor.

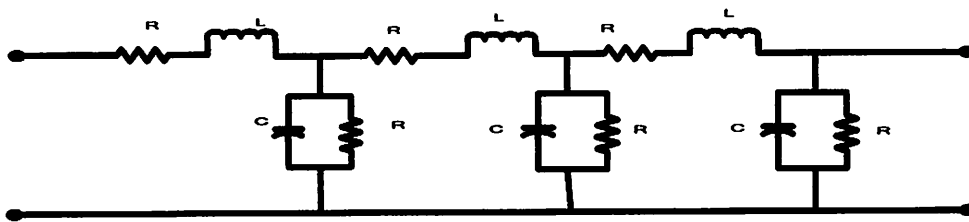
Impedansi seri terbentuk dari resistansi dan induktansi yang terbagi merata sepanjang saluran. Sedangkan konduktansi dan kapasitansi terdapat diantara



penghantar-penghantar dari saluran fasa tunggal atau diantar penghantar dengan netral dari suatu saluran berfasa tiga membentuk admitansi paralel.

## 2.2. Saluran Transmisi

Tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui saluran transmisi. Saluran-saluran transmisi ini membawa tenaga listrik dari pusat-pusat tenaga listrik ke pusat-pusat beban. Suatu saluran transmisi tenaga listrik mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuan untuk berfungsi sebagai bagian dari sistem tenaga, yaitu resistansi, induktansi, kapasitansi, dan konduktansi. Keempat parameter saluran transmisi tersebut merata disepanjang saluran transmisi. Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap tegangan bus dan aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut.



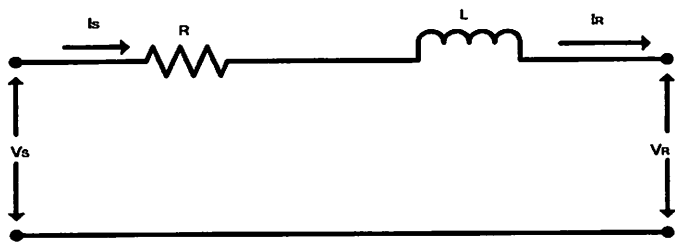
Gambar 2.1<sup>[3]</sup>  
Rangkaian Setara Saluran Transmisi

Menurut panjangnya, saluran transmisi dapat dikasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu :

1. Saluran transmisi pendek, adalah saluran yang panjangnya  $< 80$  km.
2. Saluran transmisi menengah, adalah saluran transmisi yang panjangnya  $80 - 240$  km.
3. Saluran transmisi panjang, adalah saluran yang panjangnya  $> 240$  km.

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek

Rangkaian ekivalen untuk saluran transmisi pendek diperlihatkan pada gambar 2, dimana  $I_s$  dan  $I_g$  merupakan arus pada ujung pengirim dan ujung penerima, sedangkan  $V_s$  dan  $V_R$  adalah tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengirim dan ujung penerima.



Gambar 2.2.<sup>[3]</sup>  
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek

Karena tidak ada cabang paralel (shunt), arus pada ujung – ujung pengirim dan penerima akan sama besar :

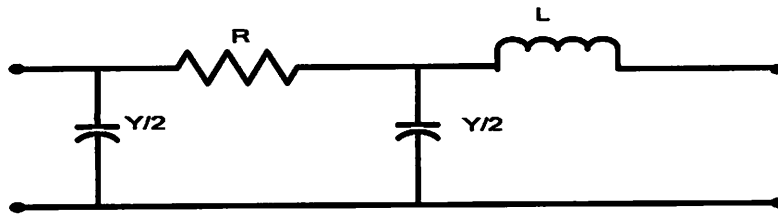
$I_s = I_R$  ..... (2.1.)

Bila kondisi tegangan pada ujung penerima diketahui, maka tegangan pada ujung sisi kirim adalah :

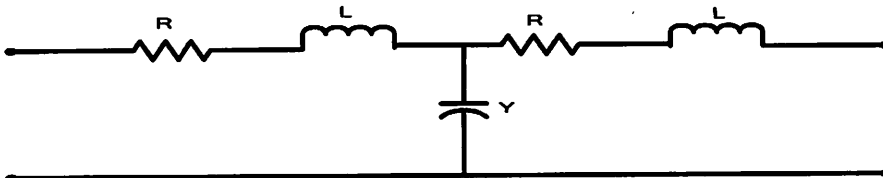
$V_s = V_R + I_R Z$  ..... (2.2.)

2.2.2. Saluran Transmisi Menengah

Bertambahnya saluran menyebabkan kapasitansi shunt bertambah besar dan tidak dapat diabaikan. Saluran transmisi jarak menengah pada umumnya digambarkan dengan rangkaian  $\pi$  atau rangkaian T. Dari dua versi ini rangkaian  $\pi$  lebih umum dipakai dari pada rangkaian T.



(a) Rangkaian Ekivalen  $\pi$



(b) Rangkaian Ekivalen T

Gambar 2.3.<sup>[3]</sup>  
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah

Untuk rangkaian  $\pi$  berlaku :

$$V_s = \left[ \frac{ZY}{2} + 1 \right] V_R + Z I_R \dots\dots\dots(2.3.)$$

$$I_s = \left[ \frac{ZY}{4} + 1 \right] Y V_R + \left[ \frac{ZY}{2} + 1 \right] I_R \dots\dots\dots(2.4.)$$

Untuk rangkaian T berlaku :

$$V_s = \left[ \frac{ZY}{2} + 1 \right] V_R + \left[ \frac{ZY}{4} + 1 \right] Z I_R \dots\dots\dots(2.5.)$$

$$I_s = Y V_R + \left[ \frac{ZY}{2} + 1 \right] I_R \dots\dots\dots(2.6.)$$

Dimana :

$V_s, I_s$  = Tegangan, Arus sisi kirim

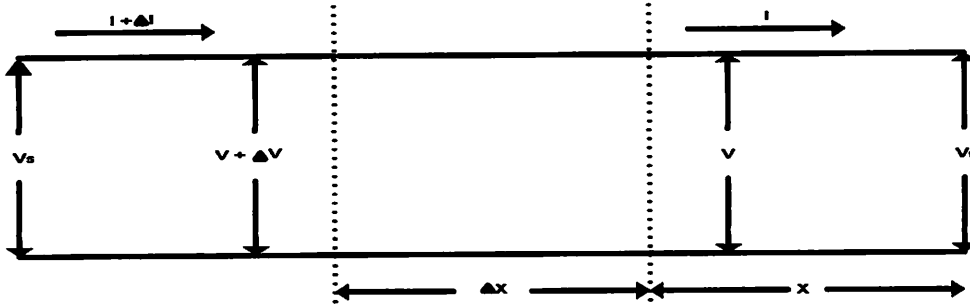
$V_R, I_R$  = Tegangan, Arus sisi terima

$Z$  = Impedansi seri total saluran transmisi

$Y$  = Admitansi shunt total saluran

#### 2.2.4. Saluran Transmisi Panjang

Pada saluran panjang parameter-parameter saluran tidak terpusat menjadi satu, melainkan tersebar merata diseluruh panjang saluran.



Gambar 2.4.<sup>[3]</sup>  
Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang

Persamaan tegang dan arus pada setiap titik sepanjang saluran transmisi dengan jarak  $x$  dari ujung sisi terima dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = \frac{V_R + I_R Z_C}{2} e^{yx} + \frac{V_R - I_R Z_C}{2} e^{-yx} \dots\dots\dots(2.7.)$$

$$I = \frac{\frac{V_R}{Z_C} + I_R}{2} e^{yx} + \frac{\frac{V_R}{Z_C} - I_R}{2} e^{-yx} \dots\dots\dots(2.8.)$$

Persamaan untuk saluran transmisi panjang dapat ditulis dalam bentuk hiperbola sebagai berikut :

$$V_{(\infty)} = V_R \cosh \tau x + I_R Z_C \sinh \tau x \dots\dots\dots(2.9.)$$

$$I_{(\infty)} = I_R \cosh \tau x + \frac{V_R}{Z_C} \sinh \tau x \dots\dots\dots(2.10.)$$

Dimana :

$$\tau = \text{Konstanta rambatan pada saluran} = \sqrt{ZY}$$

$$Z_C = \text{Impedansi karakteristik saluran} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

**2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik**

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

**1. Daya aktif ( *Active power* )**

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [ V ] [ I ] \cos \varphi .....(2.11.)$$

dimana : V dan I nilai efektifnya.

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

**2. Daya Reaktif ( *Reactive power* )**

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

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [ V ] [ I ] \sin \varphi .....(2.12.)$$

Kita mengenal 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.

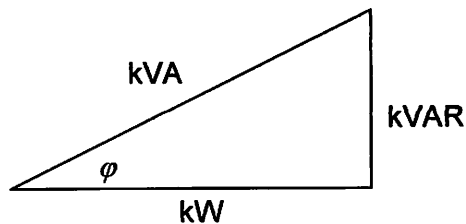
Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat–alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya

### 3. Daya Semu (*Apparent power*)

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

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

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{kW}{kVA} \dots\dots\dots(2.13.)$$



Dimana :

- $\cos \varphi$  = Faktor daya
- KW = Daya aktif
- KVA = Daya semu
- kVAR = Daya reaktif

### 2.4. Sistem Per-Unit<sup>[3]</sup>

Untuk memudahkan proses perhitungan, dalam sistem tenaga listrik digunakan sistem Per-Unit (pu).

$$\text{Besaran Per-Unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar}} \dots\dots\dots(2.14.)$$

Rumus-rumus yang digunakan untuk penentuan arus dasar dan impedansi dasar adalah :



➤ Untuk data 1 phasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L - N}} \dots\dots\dots(2.15.)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - N})^2 \times 10^{-3}}{\text{kVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.16.)$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.17.)$$

➤ Untuk data 3 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3} \text{ kV dasar L - L}} \dots\dots\dots(2.18.)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - L})^2 \times 10^{-3}}{\text{kVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots(2.19.)$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - L})^2}{\text{MVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots(2.20.)$$

Dalam persamaan di atas nilai-nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa dengan tanah dan daya setiap fasa.

Setelah besaran-besaran dasar telah ditentukan maka besaran-besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi per satuan dari suatu elemen rangkaian didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z (\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \dots\dots\dots (2.21.)$$

#### 2.4.1. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit<sup>[3]</sup>

Kadang-kadang impedansi per-unit untuk suatu komponen dari suatu sistem dinyatakan menurut dasar yang berbeda dengan dasar yang dipilih untuk bagian dari sistem dimana komponen tersebut berada. Karena semua impedansi dalam bagian manapun dari suatu sistem harus dinyatakan dengan dasar impedansi yang sama, maka dalam perhitungannya kita perlu mempunyai cara untuk dapat mengubah impedansi per-unit dari suatu dasar ke dasar yang lain. Dengan mensubstitusikan impedansi dasar yang diberikan dalam persamaan (2.14.) dan (2.17.) ke dalam persamaan (2.18.) maka diperoleh:

$$Z_u = \frac{(\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega) \cdot (\text{MVA dasar})}{(\text{Tegangan dasar, kV})^2} \dots\dots\dots (2.22.)$$

Persamaan (2.17.) memperlihatkan bahwa impedansi per-unit berbanding lurus dengan MVA dasar serta berbanding terbalik dengan kuadrat tegangan dasar. Untuk mengubah dari impedansi per-unit menurut suatu dasar yang diberikan menjadi impedansi per-unit menurut suatu dasar yang baru, dapat dipakai persamaan berikut:

$$Z_{baru \text{ per-unit}} = Z_{diberikan \text{ per-unit}} \left( \frac{kV_{diberikan \text{ dasar}}}{kV_{baru \text{ dasar}}} \right)^2 \times \left( \frac{MVA_{baru \text{ dasar}}}{MVA_{diberikan \text{ dasar}}} \right) \dots\dots\dots (2.23.)$$

Persamaan ini tidak ada hubungannya dengan pemindahan nilai impedansi dalam ohm dari salah satu sisi transformator ke sisi yang lain.

## **2.5. Sistem Operasi Pada Sistem Tenaga Listrik**

Seperti telah diketahui bahwa dalam masalah pengaturan beban pada suatu operasi sistem tenaga listrik harus selalu dicapai suatu keadaan operasi yang bisa diandalkan dan cukup ekonomis.

Ada beberapa kerja yang harus dilaksanakan untuk menjamin keandalan sistem operasi antara lain, pengaturan frekuensi dan tegangan sistem untuk berada pada harga normalnya karena adanya perubahan beban pada sistem. Dan seperti yang diketahui dan berulang kali disebutkan bahwa tenaga listrik tidak dapat disimpan sehingga dalam operasinya harus selalu dicapai keseimbangan antara penyediaan dengan pemenuhan kebutuhan daya serta perlu juga diingat bahwa sistem selalu berubah setiap saat. Maka sudah tentu jauh-jauh sebelumnya sudah harus diketahui atau diramalkan keadaan tersebut dengan tepat yaitu keadaan beban pada hari itu dari waktu ke waktu sampai selama 24 jam. Keadaan beban ini digambarkan sebagai kebutuhan daya sebagai fungsi dari waktu yang biasa disebut dengan lengkung beban harian. Lengkung beban harian ini adalah merupakan sesuatu yang sangat penting disamping karakteristik-karakteristik lainnya sehingga dalam operasi hariannya harus berdasarkan lengkung beban harian yang telah dibuat karena dengan lengkung beban harian ini dapat ditentukan perencanaan operasi pembangkit-pembangkit yang ada, baik itu unit pembangkit thermal maupun hidro. Tentu saja kebutuhan beban dalam suatu harinya tidak merata akan tetapi dari jam ke jam berbeda sesuai dengan kebutuhan konsumen. Berdasarkan lengkung beban yang telah ada maka dapat ditentukan berapa unit pembangkit yang harus bekerja dan siap bekerja pada hari itu.

Sebagai dasar pertimbangan yang sifatnya umum, untuk menentukan biaya produksi tenaga listrik yang dibutuhkan adalah dengan memperhatikan bahwa dalam keadaan beban minimum maka tenaga listrik yang dibutuhkan diberikan oleh unit pembangkit yang bekerja paling efisien pada keadaan tersebut. Pembangkit ini akan terus beroperasi atau dibebani sampai pada batas efisiensi maksimumnya. Dan apabila ternyata beban masih terus bertambah sedangkan unit pembangkit ini telah mencapai maksimumnya maka selanjutnya beban ditanggung oleh unit pembangkit yang lain yang belum mencapai efisiensi maksimumnya. Dengan dasar operasi yang demikian maka dapat dicapai keadaan operasi yang cukup ekonomis.

Akan tetapi dengan semakin berkembangnya sistem itu sendiri maka diperlukan suatu perencanaan pembangkitan yang optimum dengan biaya operasi yang ekonomis dan harus memperhitungkan rugi-rugi yang terjadi pada saluran transmisi. Mengingat bahwa beban sistem adalah selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu maka perlu untuk membuat secara grafis perubahan beban terhadap waktu.

Oleh karena biaya operasi untuk memproduksi daya listrik, suatu pembangkit hidro (PLTA) sangat kecil jika dibandingkan dengan pembangkit thermal (PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD) maka pembahasan selanjutnya untuk mendapatkan biaya operasi yang ekonomis sebagian besar ditekankan pada unit pembangkit thermal saja karena disini akan membutuhkan biaya operasi yang cukup tinggi sehingga usaha penghematan biaya bahan bakar akan sangat berarti. Dengan kata lain dengan mengkoordinasikan operasi pembangkit-pembangkit

yang tersedia dengan tepat dan sesuai dengan beban maka akan didapat suatu keadaan operasi yang ekonomis.

Pembahasan mengenai operasi ekonomis adalah merupakan salah satu cara bagaimana menekan biaya produksi dari sistem tenaga listrik. Dalam hal ini maka metode yang dipakai adalah dengan memanfaatkan karakteristik dari menganalisa operasi dari sistem tersebut. Disamping karakteristik dari unit-unit pembangkit perlu juga diketahui karakteristik beban, karena karakteristik bebanlah maka dapat dianalisa pengaturan yang paling ekonomis dari setiap unit pembangkit. Adapun karakteristik yang perlu diketahui dari setiap unit pembangkit adalah :

1. Karakteristik *input* bahan bakar sebagai fungsi dari *output* daya.
2. Nilai panas sebagai fungsi *output* daya.
3. Kenaikan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan jika terdapat perubahan beban.

Ketiga karakteristik tersebut merupakan pedoman menganalisa penjadwalan selanjutnya. Kemudian yang juga perlu diperhitungkan adalah variabel-variabel yang terdapat pada saluran transmisi, karena variabel-variabel ini juga sangat menentukan ekonomis tidaknya penjadwalan pembangkit yang kita tentukan.

Maka untuk mencapai suatu operasi yang ekonomis pada suatu sistem tenaga listrik adalah dengan melakukan penjadwalan pada sistem pembangkit yang ada pada suatu sistem tenaga listrik yang ditinjau tersebut dengan memanfaatkan karakteristik dari setiap masing-masing unit pembangkit yang ada pada dasarnya bertujuan untuk menekan biaya produksi listrik agar harga dari listrik yang dihasilkan dapat ditekan serendah mungkin sehingga dapat memuaskan pemakai listrik.

## 2.6. Karakteristik Unit Pembangkit<sup>[4]</sup>

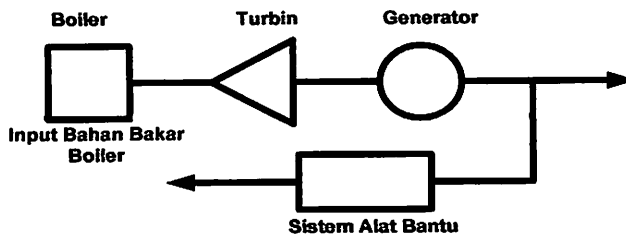
### 2.6.1. Karakteristik *Input-Output*

Hal yang paling mendasar dalam operasi pembangkitan yang ekonomis adalah dengan membuat karakteristik *input-output* dari unit pembangkit thermal. Karena ini diperoleh dari desain perencanaan atau melalui test pembangkit. Adapun definisi dari karakteristik *input-output* dari pembangkit itu sendiri adalah formula yang menyatakan hubungan antara *input* pembangkit sebagai fungsi dari *output* pembangkit. Sedangkan ciri dari unit boiler-turbin-generator dapat digambarkan dalam gambar 2.5., dimana unit ini memuat sebuah boiler yang menghasilkan uap untuk menjalankan turbin yang dikopel dengan rotor dari generator.

Pada pembangkit thermal input diberikan dalam satuan panas Btu/jam atau Kalori/jam dari bahan bakar yang diberikan boiler untuk menghasilkan *output* pembangkit. Sedangkan notasi yang digunakan adalah  $H$  (MBtu/h) atau dalam satuan yang lain  $H$  (MKal/h). Adapaun dalam skripsi ini, perhitungan dilakukan adalah dalam satuan MKal/jam. Selain itu *input* dari pembangkit dapat pula dinyatakan dalam nilai uang yang menyatakan besarnya biaya yang diperlukan untuk bahan bakar. Notasi yang digunakan adalah  $F$  (Rp/h). Hubungan antara  $H$  dan  $F$  dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut ini :

$$F = H \times \frac{\text{Rupiah}}{\text{MBtu}} \dots\dots\dots(2.24.)$$

Dimana  $\frac{\text{Rupiah}}{\text{MBtu}}$  adalah nilai uang yang diperlukan per satuan panas dari bahan bakar.



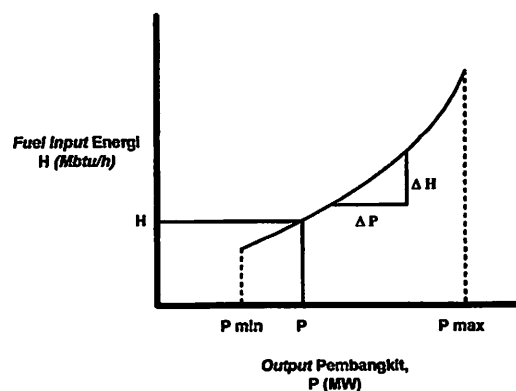
Gambar 2.5.<sup>[4]</sup>  
Unit Boiler-Turbin-Generator

Seperti digambarkan dalam gambar 2.5., maka *output* dari pembangkit tidak hanya dihubungkan dengan sistem saja akan tetapi juga untuk sistem peralatan bantu pembangkit didefinisikan sebagai daya yang dikeluarkan oleh generator karakteristik *input-output* , daya *output* adalah berupa daya netral dari pembangkit, notasi yang digunakan adalah  $P$  (MW).

Persamaan karakteristik *input-output* pembangkit dapat dilihat pada persamaan (2.22.) dan (2.23.) dibawah ini, sedangkan kurva dari karakteristik *input-output* pembangkit dapat dilihat pada gambar 2.6.

$$H = f(P), \text{ atau } \dots\dots\dots (2.25.)$$

$$F = f(P) \dots\dots\dots (2.26.)$$

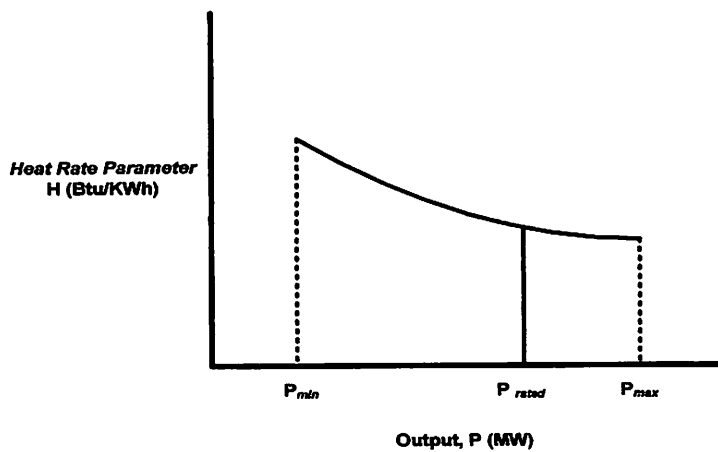


Gambar 2.6.<sup>[4]</sup>  
Kurva Karakteristik *Input-Output* Pembangkit Thermal



### 2.6.2. Karakteristik *Heat-Rate*<sup>[4]</sup>

Karakteristik *heat-rate* merupakan karakteristik yang menunjukkan efisiensi dari sebuah mesin. Karakteristik *heat-rate* sebuah unit pembangkit menunjukkan *input* kalor yang diberikan untuk menghasilkan energi sebesar 1 kiloWatt jam pada MegaWatt *output* dari suatu unit. Kurva dari karakteristik *heat-rate* ini dapat dilihat pada gambar 2.7. di bawah ini.



Gambar 2.7.<sup>[4]</sup>  
Kurva Karakteristik *Heat-Rate* Unit Pembangkit

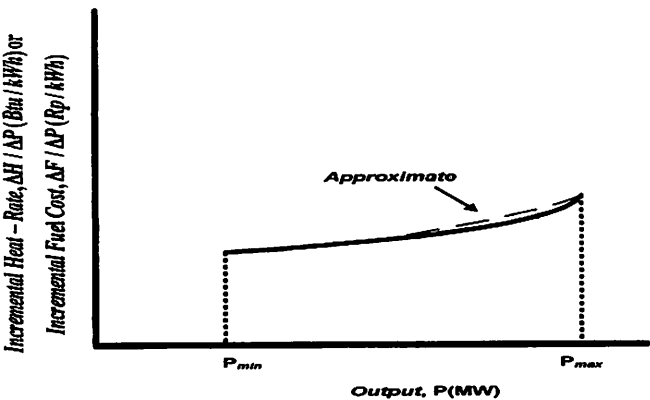
### 2.6.3 Karakteristik *Incremental Heat-Rate* dan *Incremental Fuel Cost*<sup>[4]</sup>

Perwujudan yang lain dari karakteristik pembangkit adalah karakteristik *Incremental Heat-Rate* atau perubahan tingkat laju panas dan karakteristik *Incremental Fuel Cost* atau perubahan tingkat laju bahan bakar. Karakteristik ini menyatakan hubungan daya keluaran pembangkit sebagai fungsi *Incremental Heat-Rate* atau *Incremental Fuel Cost*. Karakteristik *Incremental Heat-Rate* ini menunjukkan besarnya perubahan *input* energi bila ada perubahan *output* pada unit pembangkit.

Kurva dari karakteristik *Incremental Heat-Rate* atau *Incremental Fuel Cost* dapat dilihat pada gambar 2.8. Sedangkan persamaan *Incremental Heat-Rate* dan persamaan *Incremental Fuel Cost* dapat dilihat pada persamaan (2.24.) hingga persamaan (2.27.).

$$Incremental\ Heat-Rate = \frac{\Delta H}{\Delta P} \left( \frac{MBtu}{kWh} \right) \dots\dots\dots (2.27.)$$

$$Incremental\ Fuel\ Cost = \frac{\Delta F}{\Delta P} \left( \frac{Rupiah}{kWh} \right) \dots\dots\dots (2.28.)$$



Gambar 2.8.<sup>[4]</sup>  
 Kurva Karakteristik *Incremental Heat-Rate/Fuel Cost*

Bila harga Δ sangat kecil maka dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$Incremental\ Heat-Rate = \frac{dH}{dP} \left( \frac{MBtu}{kWh} \right) \dots\dots\dots (2.29.)$$

$$Incremental\ Fuel\ Cost = \frac{dF}{dP} \left( \frac{Rupiah}{kWh} \right) \dots\dots\dots (2.30.)$$

## 2.7 Economic Dispatch<sup>[4]</sup>

*Economic dispatch* adalah pembagian pembebanan pada pembangkit-pembangkit yang ada dalam suatu sistem tenaga listrik, secara optimum dan ekonomis pada beban tertentu. Dengan dilakukan *economic dispatch* maka akan didapatkan biaya bahan bakar yang paling murah dalam suatu sistem pembangkit. Oleh karena beban yang harus ditanggung oleh sistem pembangkit selalu berubah setiap periode waktu tertentu, maka perhitungan *economic dispatch* ini dilakukan untuk setiap harga beban tertentu pula.

### 2.7.1 Fungsi Biaya Bahan Bakar<sup>[4]</sup>

Persamaan dari biaya bahan bakar dari setiap unit generator merupakan fungsi dari daya aktif saja, sehingga dengan demikian biaya operasi tiap pembangkit hanya tergantung dari daya aktif saja. Hal ini bisa dilihat dari persamaan di bawah ini:

$$F_T = \sum_{i=1}^{NG} (0.5a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + C_i) \dots\dots\dots(2.31.)$$

Dimana:

- $F_T$  = Biaya pembangkitan pada unit generator - i
- $P_{Gi}$  = Besar daya aktif yang terbangkit pada unit generator i
- $a, b, c$  = Koefisien persamaan kuadratik.

Untuk persamaan *constraint* yang seimbang :

$$\sum_{i=1}^{NG} (P_{Gi}) - P_D - P_L = 0 \dots\dots\dots(2.32.)$$

dan untuk *constraint* yang tidak seimbang :

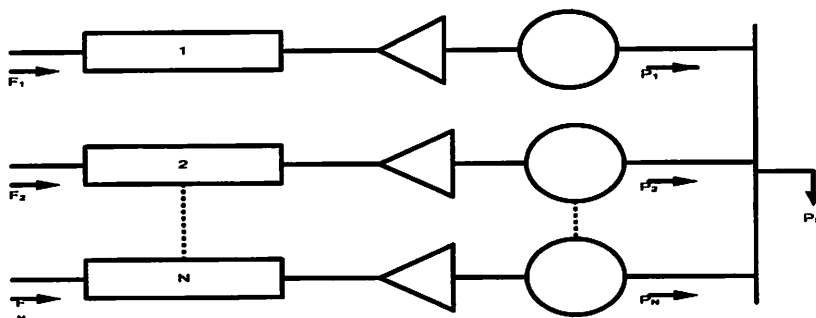
$$P_{Gi}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\max} \quad , \quad V_{Li}^{\min} \leq V_{Li} \leq V_{Li}^{\max} \quad \text{dan} \quad I_j \leq I_j^{\max} \dots\dots\dots(2.33.)$$

Akan tetapi sebenarnya dalam suatu sistem tenaga listrik, keberadaan daya reaktif yang terbangkit juga harus diperhitungkan, sehingga daya reaktif yang terbangkit ikut serta secara tak langsung mempengaruhi biaya operasi. Dengan demikian daya reaktif tidak hanya digunakan untuk perhitungan total rugi pada transmisi, akan tetapi juga harus digunakan untuk masalah optimasi

### 2.7.2. *Economic Dispatch Dengan Mengabaikan Rugi-rugi Transmisi*<sup>[4]</sup>

Dalam sistem tenaga listrik, kerugian transmisi merupakan kehilangan daya yang harus ditanggung oleh sisi pembangkit. Jadi dengan adanya kerugian daya tersebut merupakan tambahan beban bagi sistem tenaga listrik.

Sistem dengan mengabaikan rugi-rugi transmisi dapat dilihat pada gambar 2.9. Sistem ini terdiri dari  $N$  buah pembangkit thermal yang dihubungkan pada *single bus bar* yang melayani beban  $P_R$ . *Input* dari masing-masing pembangkit ditunjukkan oleh  $F_i$  yang mewakili biaya dari satu unit pembangkit dan *output* dari masing-masing unit  $P_i$  adalah daya yang dihasilkan oleh satu unit pembangkit.



Gambar 2.9.<sup>[4]</sup>  
 $N$  Unit Pembangkit Thermal Melayani Beban  $P_R$

Total biaya rata-rata yang harus ditanggung oleh sistem adalah jumlah biaya dari masing-masing unit pembangkit. Dan pembatas yang paling penting adalah jumlah *output* dari masing-masing unit pembangkit sama dengan beban di konsumen. Yang menjadi permasalahan adalah meminimumkan total biaya  $F_T$  dengan memperhatikan pembatas  $\phi$  bahwa daya yang dihasilkan oleh pembangkit sama dengan beban yang diterima. Secara matematika pernyataan yang tersebut di atas dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_T &= F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N \dots\dots\dots (2.34.) \\
 &= \sum_{i=1}^N F_i(P_i)
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0 = P_R - \sum_{i=1}^N P_i \dots\dots\dots (2.35.)$$

Persamaan di atas adalah pembatas yang merupakan problem dari optimasi dan ini dapat dipecahkan dengan menggunakan kalkulus tingkat lanjut yang melibatkan fungsi La Grange. Dimana fungsi ini didapat dengan cara menambahkan pembatas  $\phi$  yang telah dikalikan dengan faktor pengali La Grange  $\lambda$  pada fungsi tujuan  $F_T$ . Fungsi La Grange dapat ditunjukkan dengan persamaan di bawah ini :

$$L = F_T + \lambda \cdot \phi \dots\dots\dots (2.36.)$$

Persamaan La Grange di atas merupakan fungsi *output* pembangkit  $P_i$  dan faktor pengali La Grange  $\lambda$  . Keadaan dari optimal dari fungsi tujuan  $F_T$  dapat diperoleh dengan operasi gradient dari persamaan La Grange sama denga nol.

$$\nabla L = 0 \dots\dots\dots (2.37.)$$

$$\nabla F_T + \lambda \cdot \phi = 0 \dots\dots\dots (2.38.)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P} = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda \cdot \left( \frac{\partial P_R}{\partial P_i} - \frac{\partial P_i}{\partial P_i} \right) = 0 \quad \text{..... (2.39.)}$$

$$\text{atau } \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda \cdot (0 - 1) = 0 \quad \text{..... (2.40.)}$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \lambda \quad \text{..... (2.41.)}$$

Persamaan terakhir ini menunjukkan bahwa bila digunakan biaya bahan bakar  $F_T$  yang paling minimum maka *incremental cost* setiap unit generator pembangkit harus sama yaitu sebesar  $\lambda$ . Kondisi optimal ini tentunya dengan tetap memperhatikan pembatas yang ada yaitu bahwa daya dari setiap unit generator pembangkit harus lebih besar atau sama dengan daya *output* minimum dan lebih kecil atau sama dengan daya *output* maksimum yang diijinkan.

Dari N buah pembangkit yang ada dalam sistem tenaga yang telah dibahas dan beban sistem sebesar  $P_R$ , maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \lambda \quad \text{ada N buah persamaan ..... (2.42.)}$$

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad \text{ada 2 N buah pertidaksamaan ..... (2.43.)}$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_R \quad \text{..... (2.44.)}$$

Dari batasan pertidaksamaan pembatas di atas dapat diperluas menjadi :

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \lambda \quad \text{untuk } P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad \text{..... (2.45.)}$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} \leq \lambda \quad \text{untuk } P_i = P_{i \max} \quad \text{..... 2.46.)}$$

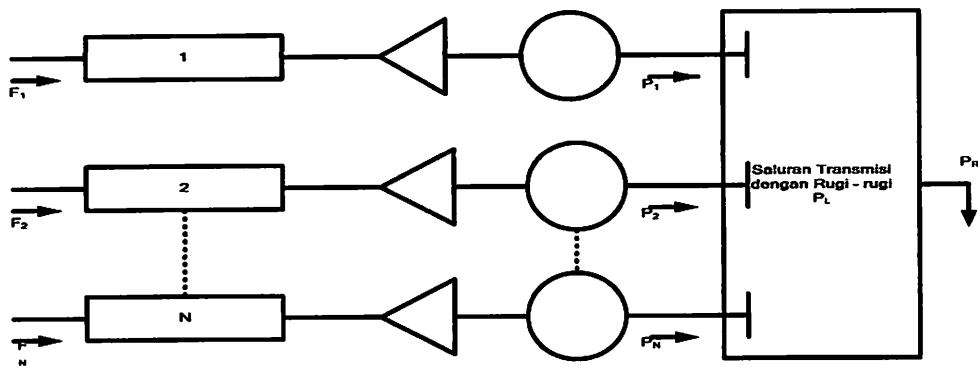
$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} \geq \lambda \quad \text{untuk } P_i = P_{i \min} \quad \text{..... (2.47.)}$$

Karena  $F_i$  hanya sebagai fungsi  $P_i$  maka  $\frac{\partial F_i}{\partial P}$  dapat diganti dengan  $\frac{dF_i}{dP_i}$ .

### 2.7.3. *Economic Dispatch Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Transmisi*<sup>[4]</sup>

Sistem dengan memperhitungkan rugi-rugi transmisi dapat dilihat pada gambar 2.10. 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 satu unit pembangkit dan *output* dari masing-masing unit  $P_i$  adalah daya yang dihasilkan oleh satu unit pembangkit.

Total biaya rata-rata yang harus ditanggung oleh sistem adalah jumlah dari biaya dari masing-masing unit pembangkit. Dan pembatas yang paling penting adalah bahwa jumlah output dari masing-masing unit pembangkit sama dengan beban di konsumen dan rugi-rugi transmisi.



Gambar 2.10.<sup>[4]</sup>

$N$  buah Pembangkit Thermal Melayani Beban  $P_R$  Melalui Saluran Transmisi

$$P_R + P_L - \sum_{i=1}^N P_i = \phi = 0 \quad \dots\dots\dots (2.48.)$$

$$L = F_T + \lambda \phi \quad \dots\dots\dots (2.49.)$$

$$\phi = \sum_{i=1}^N P_i - P_R - P_L = 0 \dots\dots\dots (2.50.)$$

Persamaan La Grange nya adalah :

$$L = \sum_{i=1}^N F_i - \lambda \left( \sum_{i=1}^N P_i - P_R - P_L \right) \dots\dots\dots (2.51.)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{dF_i}{dP_i} - \lambda \left( 1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_i} \right) = 0 \dots\dots\dots (2.52.)$$



### **BAB III**

## **ALIRAN DAYA *NEWTON – RAPHSON***

## **DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

### **3.1 Analisa Aliran Daya**

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomisnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik dalam jala–jala jaringan transmisi tenaga listrik.

Tujuan dari analisa daya adalah:

1. Mencari harga *magnitude* tegangan  $|v|$  dan sudut fasa tegangan  $\delta$  bus beban.
2. Mencari daya reaktif  $Q$  dan sudut fasa tegangan  $\delta$  dari generator bus.
3. Untuk mendapatkan daya aktif dan daya reaktif pada bus slack.
4. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas – batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
5. Untuk mengetahui kondisi awal pada perencanaan sistem yang baru.
6. Untuk menentukan daya yang mengalir disetiap saluran jaringan tenaga listrik.

### 3.1.1 Klasifikasi Bus

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter – parameter yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), besar tegangan  $|v|$  dan sudut fasa tegangan  $\delta$  .

Dengan melihat parameter diatas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian:

#### 1. Bus Beban (Load Bus) (PQ)

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk beban untuk beban dimana P daya aktif dan Q daya reaktif diketahui, sementara  $|v|$  dan  $\delta$  berubah – ubah menurut kebutuhan. Oleh karena itu,  $|v|$  dan  $\delta$  harus ditentukan (dicari).

#### 2. Bus Generator (PV)

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkitan dimana  $|v|$  diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan  $|v|$  diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan  $\delta$  (sudut fasa) dicari.

#### 3. Bus Slack

Pada bus ini  $|v|$  dan  $\delta$  sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai  $|v|$  adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan  $\delta$  berharga nol, karena itu fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

Daya total yang mengalir pada setiap bus dituliskan sebagai berikut :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k^* I_k$$

Atau

$$P_k - jQ_k = V_k^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots(3.1)$$

Dari persamaan  $V_k = v_k + j\delta_k$  dan  $Y_{k11} = G_{k11} - jB_{k11}$ , maka persamaan 3.1. menjadi :

$$P_k - jQ_k - (v_k + j\delta_k) \sum_{n=1}^N (G_{k11} - jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots\dots\dots(3.2)$$

Bila dituliskan dalam bentuk real dan imajiner maka persamaan di atas menjadi :

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k (v_n G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k (\delta_n G_{kn} - v_n B_{kn})\} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{\delta_k (v_n G_{kn} + \delta_n B_{kn}) - v_k (\delta_n G_{kn} - v_n B_{kn})\} \dots\dots\dots(3.4)$$

### 3.1.2 Metode Newton Rapshon

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data ( $P_{k, \text{ sched}}$  dan  $Q_{k, \text{ sched}}$ ) dengan daya hasil perhitungan ( $P_{k, \text{ calc}}$  dan  $Q_{k, \text{ calc}}$ ) menggunakan persamaan (3.3.) dan (3.4.) di atas. Selisih daya yang diterapkan dan perhitungan ( $\Delta P_k$  dan  $\Delta Q_k$ ) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k, \text{ sched}} - P_{k, \text{ calc}} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k, \text{ sched}} - Q_{k, \text{ calc}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (3.5) dan persamaan (3.6.) digunakan untuk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus, yaitu  $\Delta|V_k|$  dan  $\Delta\delta_k$ , yaitu dengan menggunakan elemen Jacobian, sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen Jacobian sendiri merupakan turunan parsial P dan Q terhadap masing-masing variabel pada persamaan (3.3.) dan (3.4.), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial v_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial v_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial v_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial v_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana elemen-elemen jacobian dapat dihitung dengan menurunkan persamaan-persamaan (3.3.) dan (3.4.)

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali daya  $P_{k, \text{calc}}$  dan  $Q_{k, \text{calc}}$  menurut persamaan (3.3.) dan (3.4.) Proses ini terus berulang, yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan (berkisar 0,001 hingga 0,0001 pu)

### 3.1.3 Prosedur Aliran Daya Newton Raphson

1. Tentukan nilai-nilai  $P_{k, \text{spec}}$  dan  $Q_{k, \text{spec}}$  yang mengalir kedalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar

- dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung  $\Delta P$  pada setiap rel.
  3. Hitung nilai-nilai jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.3) dan (3.4).
  4. Balikkan jacobian itu dan hitung koreksi tegangan  $\Delta\delta_k$  dan  $\Delta|V_k|$  pada nilai sebelumnya.
  5. Hitung nilai baru dari  $\delta_k$  dan  $|V_k|$  dengan menambahkan  $\Delta\delta_k$  dan  $\Delta|V_k|$  pada nilai sebelumnya.
  6. Kembali ke langkah 1 dan ulang proses diatas menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  atau semua nilai  $\Delta\delta$  dan  $\Delta|V|$  lebih kecil dari suatu indeks ketepatan yang telah dipilih.

### 3.2. Particle Swarm Optimization<sup>[1]</sup>

#### 3.2.1 Teori Dasar

Particle Swarm Optimization adalah suatu teknik perhitungan yang diperkenalkan Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, yang di ilhami oleh perilaku sosial tentang koloni burung. Mereka berteori bahwa proses dari adaptasi dapat diringkas dalam tiga prinsip : mengevaluasi, membandingkan dan meniru. Suatu organisme, seekor burung dalam PSO. mengevaluasi tetangganya, membandingkan dirinya dengan yang lain di dalam populasi dan meniru tetangga yang terkuat. Sehingga mereka bertindak dengan dua macam dari

informasi yaitu, pengalaman mereka sendiri dan pengetahuan dari bagaimana individu lain melakukannya.

Pendekatan PSO mempunyai beberapa persamaan dengan GA (Genetic Algorithm) dan Evolutionary Algorithm. PSO mempunyai populasi dari individu yang bergerak sampai pencarian tempat D-dimensional dan masing - masing individu mempunyai percepatan yang berlaku sebagai operator untuk memperoleh individu baru. Individu ini disebut partikel, melakukan penyesuaian pergerakan yang tergantung pada pengalaman mereka sendiri dan pengalaman populasi. Pada setiap iterasi, suatu partikel bergerak ke suatu arah yang di hitung dari posisi terbaik yang dikunjungi dan posisi terbaik yang dikunjungi dari semua partikel dalam lingkungannya. Diantara varian dari PSO global varian terdapat tetangga sebagai keseluruhan populasi dan disebut Swarm, yang merupakan pembagi informasi.

### 3.2.2 Parameter *Particle Swarm Optimization*

Dalam penggunaan metode *Particle Swarm Optimization* terdapat beberapa parameter yang digunakan. Parameter-paramater yang digunakan tersebut adalah:

#### 1. Partikel ( $X$ )

Merupakan kandidat solusi yang direpresentasikan dengan vektor m-dimensional, dimana m adalah jumlah dari parameter yang dioptimalkan. Dalam fungsi waktu t, partikel ke-i dapat dirumuskan sebagai :  $X_i(t) = [X_{i1}(t), X_{i2}(t), \dots, X_{im}(t)]$ , dimana  $X_s$  adalah parameter yang di optimalkan dan  $X_{ik}(t)$  adalah posisi dari partikel ke-i yang berhubungan dengan dimensi k.

## 2. Populasi, $pop(t)$

Merupakan set dari  $n$  buah partikel pada waktu  $t$ , seperti :

$$pop(t) = [X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)]$$

## 3. Swarm

Populasi dari pergerakan partikel yang bergerak bersama secara berdekatan dimana setiap partikel bergerak dalam arah yang acak.

## 4. Kecepatan Partikel ( *Particle Velocity* )

Merupakan kecepatan pergerakan partikel yang direpresentasikan dengan vektor  $m$ -dimensional. Dalam fungsi waktu  $t$ , kecepatan partikel (  $V_i(t)$  ) ke- $i$  dapat dituliskan sebagai  $V_i(t) = [V_{i1}(t), V_{i2}(t), \dots, V_{in}(t)]$  dimana  $V_{ik}(t)$  adalah kecepatan komponen dari partikel ke- $i$  yang berhubungan dengan dimensi  $k$ . Tingkat kecepatan di-*update* dengan ketetapan secara terpisah untuk tiap dimensi  $j \in 1, \dots, n$ , karena itu  $V_{ij}$  menotasikan dimensi  $j$  dari vektor kecepatan yang berhubungan dengan partikel ke- $i$ . Persamaan kecepataannya menjadi :

$$V_{ij}(t+1) = \chi(V_{ij}(t) + \phi_1 rand(Y_{ij}(t) - X_{ij}(t)) + \phi_2 rand(G_j(t) - X_{ij}(t))) \dots (3.8)$$

Dari definisi kecepatan tersebut,  $\phi_2$  mengatur nilai step maksimum partikel pada *global best*, sedangkan  $\phi_1$  mengatur ukuran step partikel pada *personal best*. Nilai  $V_{ij}$  diantara range  $[-V_{imax}, V_{max}]$  untuk mengurangi kemungkinan partikel meninggalkan *search space*. Posisi dari tiap partikel di-update menggunakan vektor kecepatan yang baru, sehingga menjadi :

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \dots (3.9)$$

### 5. *Personal Best* ( P-best )

$$Y_i(t+1) = \begin{cases} Y_i(t) & \text{if } F_T^*(X_i(t+1)) \geq F_T^*(Y_i(t)) \\ X_i(t+1) & \text{if } F_T^*(X_i(t+1)) < F_T^*(Y_i(t)) \end{cases} \dots\dots\dots(3.10)$$

### 6. *Global Best* ( G-best )

Gbest menawarkan suatu tingkat lebih cepat atas pemusatan biaya ketahanan. Gbest hanya menampilkan satu “ *best solution* “, yang dinamakan partikel *global best*. Partikel ini bertindak sebagai suatu *attractor*, menarik semua partikel ke arahnya. Semua partikel akan konvergen pada posisi tersebut dengan cepat, jadi jika tidak di-update secara regular, sekumpulan partikel tersebut akan konvergen secara prematur.

### 7. *Constriction Factor* ( Faktor Konstriction )

Faktor ini mungkin membantu dalam mencapai konvergen. Faktor konstriction pada persamaan kecepatan yang di-update yang direpresentasikan dengan  $\chi$  :

$$\chi = \frac{2\kappa}{\left| 2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi} \right|} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana :

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad \varphi > 4 \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 2.05;$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 4.1$$



### 8. *Stopping Criteria* ( Kriteria Berhenti )

Ini adalah kondisi di bawah yang mana proses pencarian akan berhenti.

Pada study ini, pencarian akan berhenti jika satu dari kriteria yang diberikan sangat memuaskan, yaitu :

- a. jumlah dari iterasi sejak pergantian terakhir dari best solution lebih besar dari jumlah sebelumnya yang lebih spesifik.
- b. jumlah dari iterasi sudah mencapai nilai yang maksimum.

## 3.3. Algoritma Program

### 3.3.1. Algoritma Program Dasar Permasalahan

Algoritma dasar permasalahan *economic load dispatch* adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan data saluran dan data pembebanan.
2. Hitung *loadflow* menggunakan metode Newton Raphson.
3. Periksa, apakah tegangan variabel sudah berada pada batas-batas yang diijinkan yaitu  $V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$  atau  $0.95 \leq V \leq 1.05$  dan apakah tidak ada pelanggaran pembangkitan daya reaktif yaitu  $Q_{G \min} \leq Q_G \leq Q_{G \max}$
4. Jika “ Ya “, Hitung semua variabel dan rugi daya dan perhitungan selesai.
5. Jika “ Tidak “, maka proses *economic load dispatch* dengan metode *Particle Swarm Optimization*.

### 3.3.2. Algoritma Program Aliran Daya *Newton Raphson*

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  $\epsilon$
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 *Jacobian*
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.

### 3.3.3. Algoritma Program *Economic Load Dispatch* Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization*.

1. Memilih ukuran populasi dan jumlah dari generasi.
2. Memasukan inputan data beban yang meliputi tegangan ( $V$ ), sudut fasa tegangan ( $\delta$ ), daya aktif ( $P$ ), daya reaktif ( $Q$ ), data impedansi saluran, data pembangkitan  $P_{maks}$ ,  $P_{min}$  dan konstanta biaya ( $X_i$ ).
3. Menentukan parameter inputan *Particle Swarm Optimization* yang meliputi  $N_{partikel}$ , iterasi max.
4. Menetapkan  $sumG = 0$ .
5. Inisialisasi partikel.
6. Mengeset *time counter*  $t = 0$  dan menghasilkan  $n$  partikel secara random.
7. Menghitung *load flow*.
8. Menghitung kecepatan maksimum dari dimensi tertentu dengan persamaan

$$V_{k\max} = \frac{(X_{k\max} - X_{k\min})}{N_a} \dots\dots\dots (3.12)$$

dimana :  $N_a$  adalah jumlah intervals.

9. Menghitung fungsi fitness untuk tiap partikel yang berhubungan dengan fungsi *objective* :

$$F_T^* = F_T + K_1 \sum_{i=1}^{nl} (I_i - I_i^{\max})^2 + K_2 (P_{G1} - P_{G1}^{\lim})^2 + K_3 \sum_{i=1}^{NL} (V_{Li} - V_{Li}^{\lim})^2 \dots\dots (3.13)$$

dimana :

$F_T^*$  = penambahan biaya bahan bakar

$F_T$  = total biaya bahan bakar

$K_I$  = faktor penalty saluran

$K_2$  = faktor penalty dari generator slack

$K_3$  = faktor penalty dari bus tegangan

10. Mengeset  $Gbest\_counter = 1$ .

11. Untuk tiap partikel, jika sudah dalam posisi yang bagus, dinamakan  $Pbest$  dan menerima  $Gbest$  yang berhubungan dengan partikel yang ditunjukkan dengan  $Gbest\_counter$  dari  $Pbest$ .

12. Memperbaharui  $time\_counter\ t = t + 1$ .

13. Memperbaharui kecepatan sesuai dengan persamaan (3.8).

14. Memperbaharui partikel sesuai dengan persamaan (3.9).

15. Memperbaharui  $Pbest$  sesuai persamaan (3.10).

16. Setelah iterasi pertama  $G-best\_counter$  mengup-date sendiri menurut nilai minimum dari fungsi fitness dari  $Pbest$ .

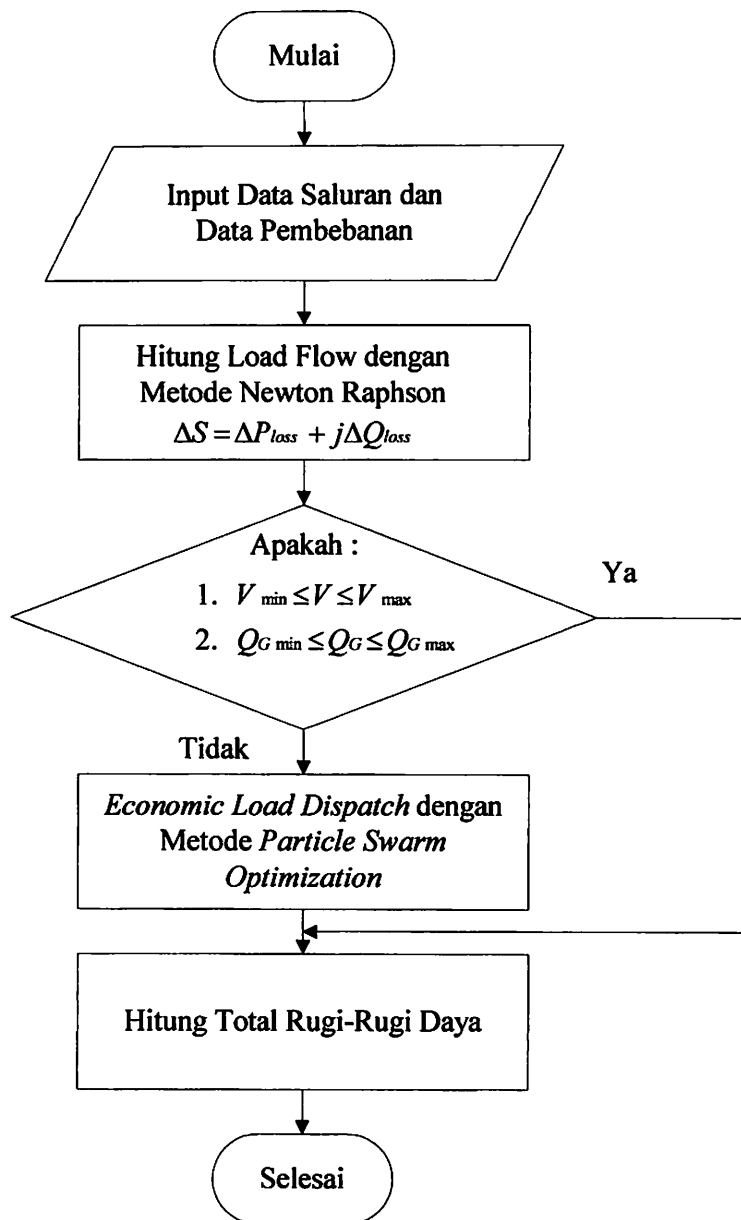
17. Apakah iterasi = iterasi maksimum yang diinginkan sudah terpenuhi.

18. Jika “**Tidak**” maka, kembali ke langkah 10.

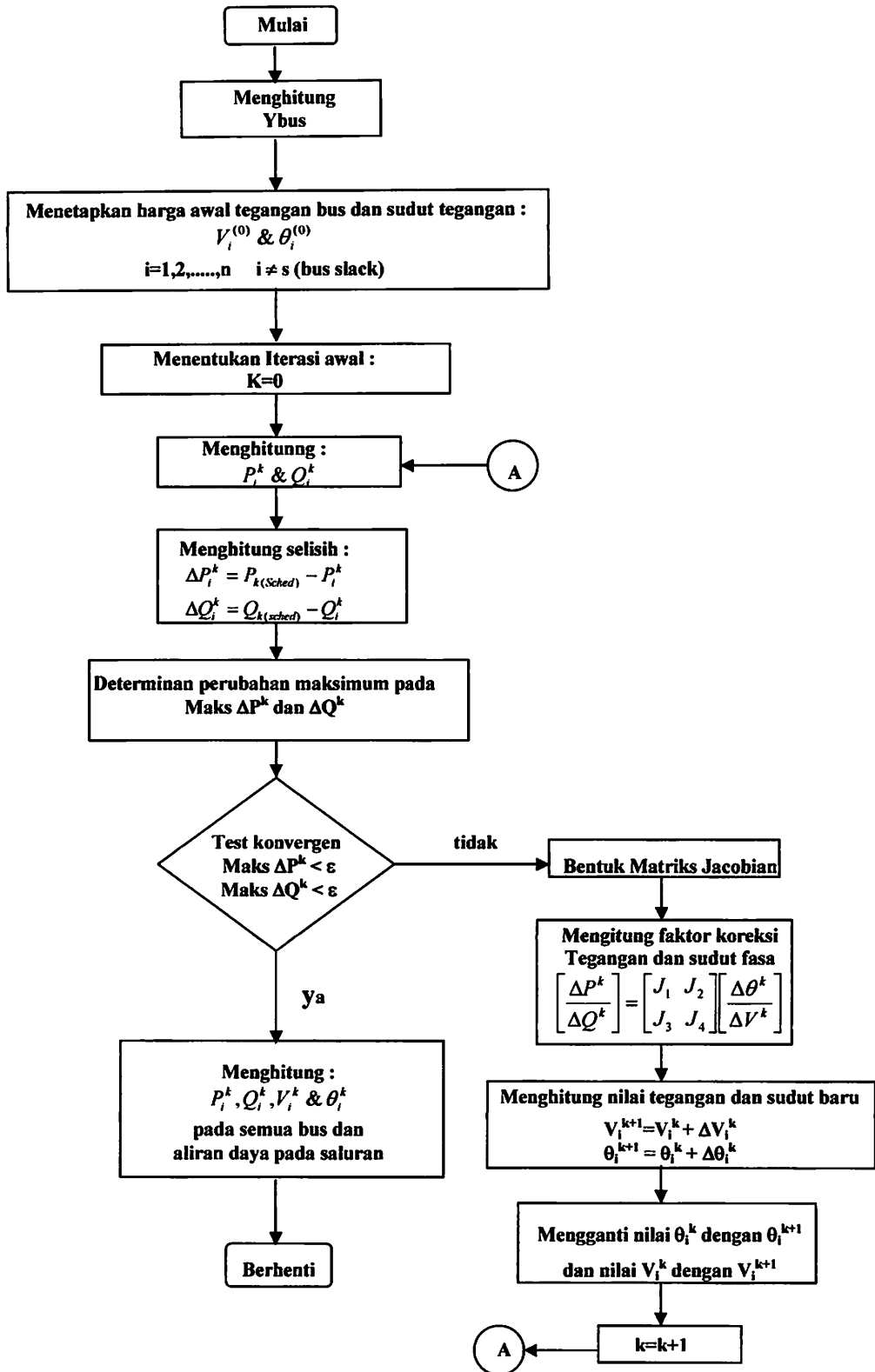
19. Jika “**Ya**” maka perhitungan berhenti.

### 3.4 Diagram Alir Algoritma Program

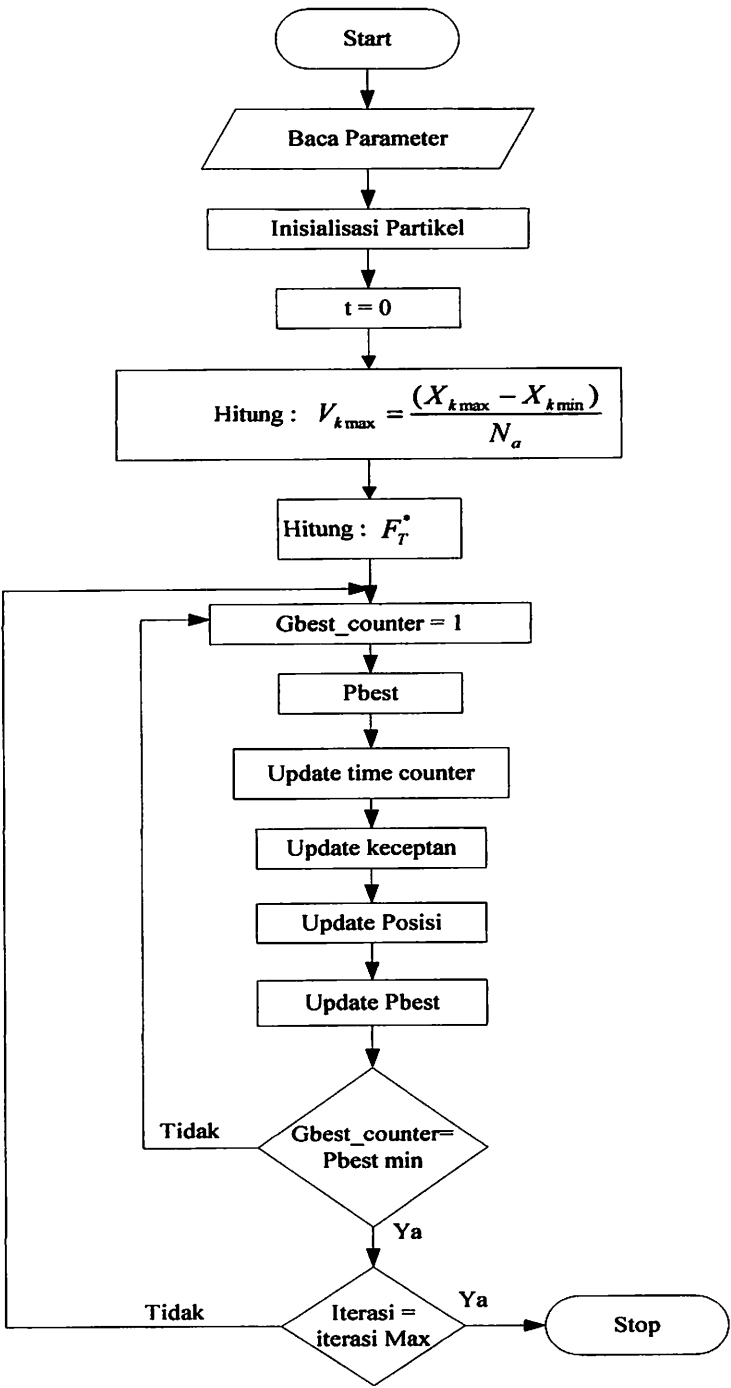
#### 3.4.1. Diagram Alir Program Dasar Permasalahan



### 3.4.2. Diagram Alir Aliran Daya Newton Raphson



3.4.3. Diagram Alir Program *Economic Load Dispatch* Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization*.



## **BAB IV**

### **ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

#### **4.1. Program Komputer *Economic Load Dispatch* Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization***

Dalam penyelesaian masalah ini maka diperlukan bantuan program komputer dalam perhitungan yang membutuhkan ketelitian dan keakuratan.

Program komputer dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer Pentium 3, dengan Prosesor 866 MHz, Memori 256 Mb.

#### **4.2. Data Pembangkitan Thermal Pada Sub Sistem Paiton-Bali**

Pada skripsi ini akan membahas pembangkit thermal yang berada pada sub sistem Paiton dan Bali. Pembangkit thermal yang dibahas dalam skripsi ini adalah PLTU Paiton 1-2, PLTG Gilimanuk, PLTD Pesanggaran, dan PLTG Pesanggaran.

Untuk data dari bentuk karakteristik semua unit pembangkit yang dibahas dalam skripsi ini beserta kapasitasnya dan *fuel cost* (biaya bahan bakar) yang digunakan dalam perhitungan adalah berdasarkan data dari PT. Indonesia Power dan PT. PJB.



Tabel 4.1.  
Parameter Unit Pembangkit Thermal

| Nama Pembangkit  | a2      | a1       | a0         | Pmin<br>(MW) | Pmax<br>(MW) | Qmin<br>(MVAR) | Qmax<br>(MVAR) |
|------------------|---------|----------|------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| PLTU Paiton 1&2  | 6,180   | 1306,150 | 388144,168 | 150          | 700          | -200           | 300            |
| PLTG Gilimanuk   | 1,4069  | 1599     | 87345      | 50           | 133,8        | -45            | 80             |
| PLTD Pesanggaran | 14,2932 | 1670     | 88960      | 21           | 75           | -20            | 60             |
| PLTG Pesanggaran | 113,9   | 5297     | 139560     | 15           | 125,5        | -15            | 75             |

Dengan memasukkan data-data pada tabel 4.1. ke persamaan fungsi biaya bahan bakar, maka untuk unit pembangkit thermal PLTU Paiton 1&2 diperoleh sebagai berikut :

Biaya bahan bakar pembangkit:

$$F_i(G_i) = a_2 P_{Gi}^2 + a_1 P_{Gi} + a_0$$

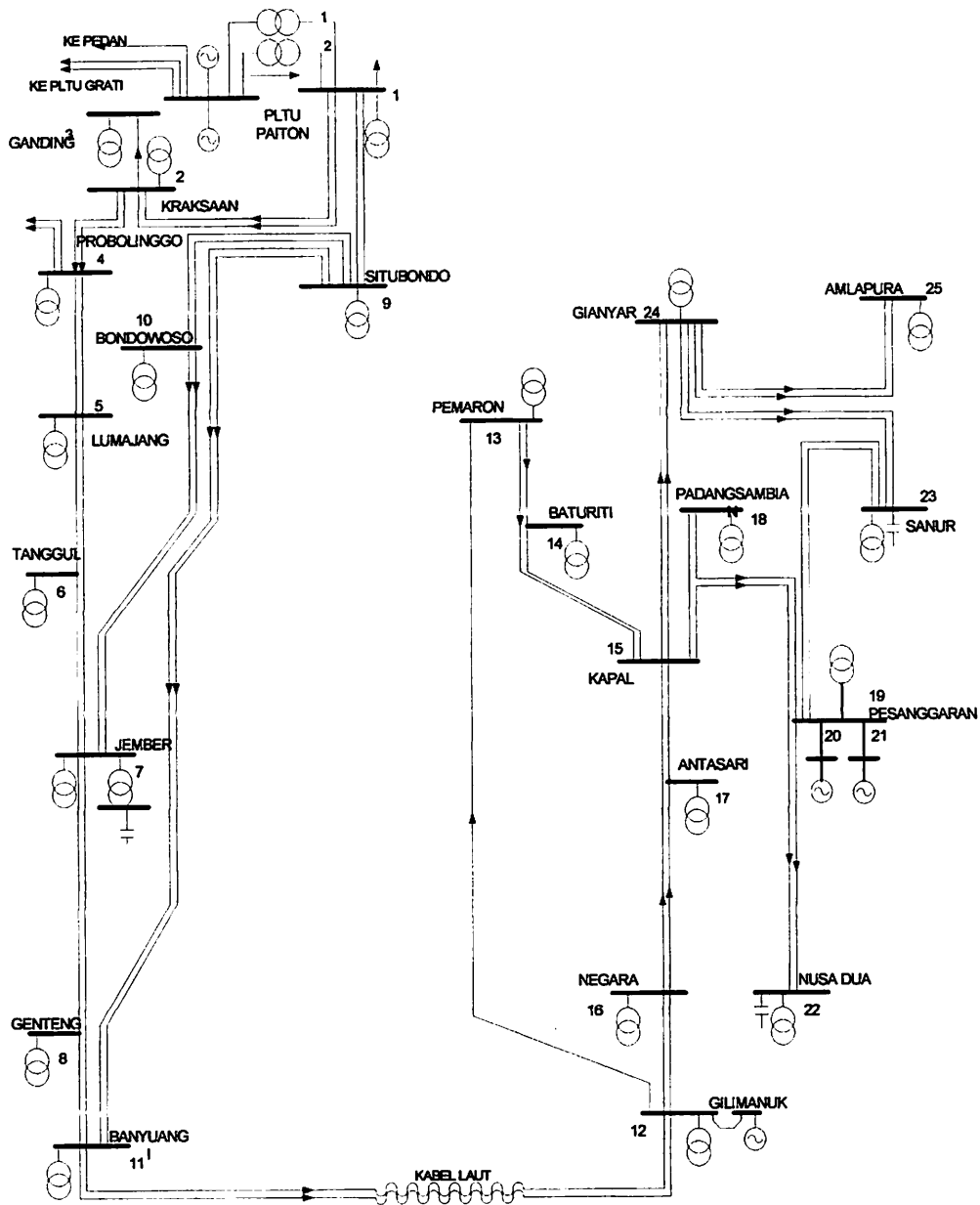
$$F_i(G_i) = 6.180P^2 + 1306.150P + 388144.168$$

Untuk persamaan biaya pembangkitan dari masing-masing unit pembangkit yang berdasarkan data-data diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2  
Persamaan Biaya Pembangkitan  
Unit Pembangkit Thermal Paiton-Bali

| No. | Nama Pembangkit  | Persamaan Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (Rp/Jam) |
|-----|------------------|---------------------------------------------------|
| 1   | PLTU Paiton 1&2  | $F = 6,180P^2 + 1306,150P + 388144,168$           |
| 2   | PLTG Gilimanuk   | $F = 1,4069P^2 + 1599P + 87345$                   |
| 3   | PLTD Pesanggaran | $F = 14,2932P^2 + 1670P + 88960$                  |
| 4   | PLTG Pesanggaran | $F = 113,9P^2 + 5297P + 139560$                   |

**GAMBAR**  
**SALURAN TRANSMISI 150 KV SUB SISTEM**  
**PAITON DAN BALI**



Gambar 4.1  
Single Line Diagram  
STL 150 kV PT. PLN (Persero) P3B Area IV  
Sub Sistem Paiton - Bali

Tabel 4.3  
Penomoran Bus Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali

| No. Bus | Nama Bus         |
|---------|------------------|
| 1       | PAITON           |
| 2       | KRAKSAAN         |
| 3       | GENDING          |
| 4       | PROBOLINGGO      |
| 5       | LUMAJANG         |
| 6       | TANGGUL          |
| 7       | JEMBER           |
| 8       | GENTENG          |
| 9       | SITUBONDO        |
| 10      | BONDOWOSO        |
| 11      | BANYUWANGI       |
| 12      | GILIMANUK        |
| 13      | NEGARA           |
| 14      | ANTASARI         |
| 15      | KAPAL            |
| 16      | BATURITI         |
| 17      | PEMARON          |
| 18      | PADANG SAMBIAN   |
| 19      | PESANGGARAN      |
| 20      | PLTD PESANGGARAN |
| 21      | PLTG PESANGGARAN |
| 22      | NUSADUA          |
| 23      | SANUR            |
| 24      | GIANYAR          |
| 25      | AMLAPURA         |

4.3. Data Pembangkitan dan Pembebanan Sub Sistem 150 kV Paiton–Bali

Tabel 4.4.  
Data Pembangkitan dan Pembebanan  
Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali

| No. | Nama Bus    | Tegangan | Pgenerator | Qgenerator | Pload | Qload  | Tipe |
|-----|-------------|----------|------------|------------|-------|--------|------|
|     |             | (pu)     | (MW)       | (MVAR)     | (MW)  | (MVAR) |      |
| 1   | PAITON      | 1,033    | -          | -          | 38,1  | 5,7    | 1    |
| 2   | KRAKSAN     | -        | -          | -          | 16,5  | 6,5    | 3    |
| 3   | GENDING     | -        | -          | -          | 17,5  | 6,7    | 3    |
| 4   | PROBOLINGGO | -        | -          | -          | 39,3  | 19,8   | 3    |
| 5   | LUMAJANG    | -        | -          | -          | 39,8  | 17,5   | 3    |
| 6   | TANGGUL     | -        | -          | -          | 23,4  | 9,3    | 3    |
| 7   | JEMBER      | -        | -          | 47         | 58,9  | 30,3   | 3    |
| 8   | GENTENG     | -        | -          | -          | 39,8  | 21,8   | 3    |
| 9   | SITUBONDO   | -        | -          | -          | 24,4  | 5,8    | 3    |
| 10  | BONDOWOSO   | -        | -          | -          | 17,8  | 7,4    | 3    |
| 11  | BANYUWANGI  | -        | -          | -          | 37,8  | 14,8   | 3    |
| 12  | GILIMANUK   | 0,992    | 99,9       | -          | 5,7   | 2      | 2    |
| 13  | NEGARA      | -        | -          | -          | 11,7  | 4,6    | 3    |
| 14  | ANTASARI    | -        | -          | -          | 6     | 2,8    | 3    |
| 15  | KAPAL       | -        | -          | 50         | 69,5  | 23,5   | 3    |
| 16  | BATURITI    | -        | -          | -          | 4     | 0,5    | 3    |
| 17  | PEMARON     | -        | -          | -          | 24,8  | 8,8    | 3    |
| 18  | PDG SAMBIAN | -        | -          | -          | 32,8  | 13,3   | 3    |
| 19  | PESANGGARAN | -        | -          | -          | 76,4  | 28,9   | 3    |
| 20  | PLTD PSGRAN | 0,936    | 31,4       | -          | -     | -      | 2    |
| 21  | PLTG PSGRAN | 0,936    | 84,6       | -          | -     | -      | 2    |
| 22  | NUSADUA     | -        | -          | 25         | 51,4  | 19,3   | 3    |
| 23  | SANUR       | -        | -          | 25         | 60,3  | 17,7   | 3    |
| 24  | GIANYAR     | -        | -          | -          | 33,7  | 9,6    | 3    |
| 25  | AMLAPURA    | -        | -          | -          | 14,4  | 7      | 3    |

Ket: 1 : bus slack  
2 : bus generator  
3 : bus beban

#### 4.4. Data Saluran Transmisi Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali

Pada sub sistem Paiton dan Bali terdiri dari 25 bus dan 34 saluran transmisi, dalam hal ini saluran transmisi yang dibahas adalah saluran transmisi 150 kV.

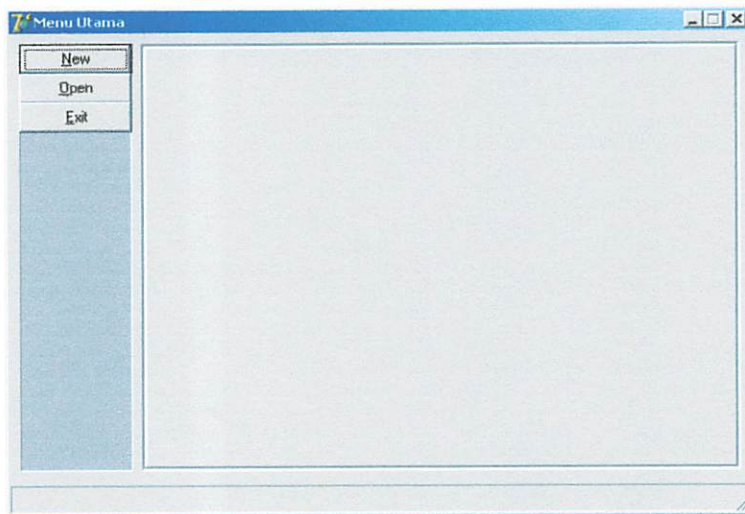
Tabel 4.5.  
Data Saluran Transmisi Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali

| No | Hubungan Bus | Jumlah Sirkuit | R (pu) | X (pu) | B (pu) |
|----|--------------|----------------|--------|--------|--------|
| 1  | 1 – 2        | 2              | 0,0053 | 0,0179 | 0,0065 |
| 2  | 1 – 9        | 2              | 0,0048 | 0,0346 | 0,0251 |
| 3  | 2 – 3        | 1              | 0,0100 | 0,0340 | 0,0123 |
| 4  | 2 – 4        | 2              | 0,0079 | 0,0269 | 0,0097 |
| 5  | 4 – 5        | 2              | 0,0135 | 0,0460 | 0,0166 |
| 6  | 5 – 6        | 1              | 0,0167 | 0,0571 | 0,0206 |
| 7  | 5 – 7        | 1              | 0,0315 | 0,1077 | 0,0389 |
| 8  | 6 – 7        | 1              | 0,0148 | 0,0506 | 0,0183 |
| 9  | 7 – 8        | 1              | 0,0337 | 0,1151 | 0,0415 |
| 10 | 7 – 10       | 2              | 0,0104 | 0,0353 | 0,0128 |
| 11 | 7 – 11       | 1              | 0,0430 | 0,1469 | 0,0530 |
| 12 | 8 – 11       | 1              | 0,0177 | 0,0604 | 0,0218 |
| 13 | 9 – 10       | 2              | 0,0091 | 0,0310 | 0,0112 |
| 14 | 9 – 11       | 2              | 0,0966 | 0,0457 | 0,0340 |
| 15 | 11 – 12      | 2              | 0,0016 | 0,0035 | -      |
| 16 | 12 – 13      | 2              | 0,0116 | 0,0034 | 0,0124 |
| 17 | 12 – 17      | 1              | 0,0399 | 0,1314 | 0,0502 |
| 18 | 13 – 14      | 1              | 0,0270 | 0,0783 | 0,0288 |
| 19 | 13 – 15      | 1              | 0,0412 | 0,1194 | 0,0439 |
| 20 | 14 – 15      | 1              | 0,0142 | 0,0411 | 0,0151 |
| 21 | 15 – 16      | 1              | 0,0362 | 0,0693 | 0,0240 |
| 22 | 15 – 17      | 1              | 0,0556 | 0,1054 | 0,0369 |
| 23 | 15 – 18      | 1              | 0,0105 | 0,0304 | 0,0112 |
| 24 | 15 – 19      | 1              | 0,0105 | 0,0304 | 0,0112 |
| 25 | 15 – 22      | 1              | 0,0293 | 0,0561 | 0,0195 |
| 26 | 15 – 24      | 2              | 0,0059 | 0,0170 | 0,0063 |
| 27 | 16 – 17      | 1              | 0,0194 | 0,0371 | 0,0129 |
| 28 | 18 – 19      | 1              | 0,0045 | 0,0130 | 0,0048 |
| 29 | 19 – 20      | 1              | 0,0020 | 0,0044 | -      |
| 30 | 19 – 21      | 1              | 0,0020 | 0,0056 | -      |
| 31 | 19 – 22      | 1              | 0,0127 | 0,0243 | 0,0084 |
| 32 | 19 – 23      | 2              | 0,0037 | 0,0070 | 0,0025 |
| 33 | 23 – 24      | 2              | 0,0078 | 0,0149 | 0,0052 |
| 34 | 24 – 25      | 2              | 0,0103 | 0,0298 | 0,0110 |

#### 4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan

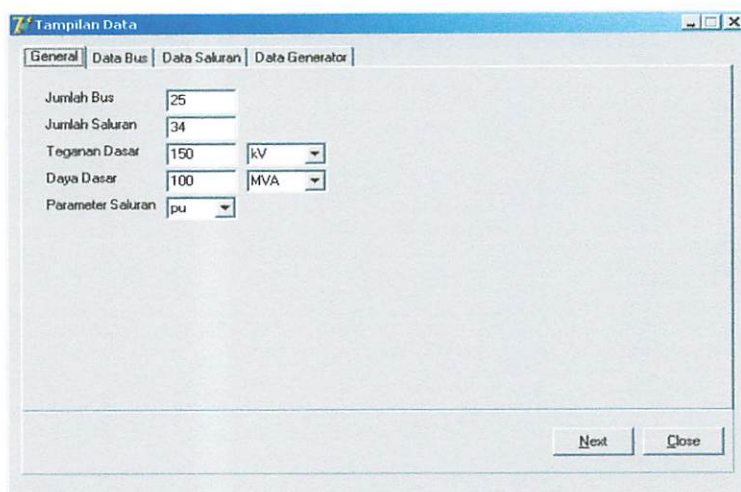
Prosedur menjalankan program perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Tampilan utama dari program



Gambar 4.2.  
Tampilan Utama Program

2. Tekan tombol *Open File* untuk membuka data yang sudah tersimpan.



Gambar 4.3.  
Tampilan Masukan Data



3. Kemudian tekan tombol data bus

Tampilan Data

General Data Bus Data Saluran Data Generator

| Bus | absV (pu) | sudV (deg) | Pg (MW) | Qg (MVAR) | PL (MW) | QL (MVAR) | Cap (pu) | Type Bus |
|-----|-----------|------------|---------|-----------|---------|-----------|----------|----------|
| 1   | 1.033     | 0          | 0       | 0         | 38.1    | 5.7       | 0        | 1        |
| 2   | 1         | 0          | 0       | 0         | 16.5    | 6.5       | 0        | 3        |
| 3   | 1         | 0          | 0       | 0         | 17.5    | 6.7       | 0        | 3        |
| 4   | 1         | 0          | 0       | 0         | 39.3    | 19.8      | 0        | 3        |
| 5   | 1         | 0          | 0       | 0         | 39.8    | 17.5      | 0        | 3        |
| 6   | 1         | 0          | 0       | 0         | 23.4    | 9.3       | 0        | 3        |
| 7   | 1         | 0          | 0       | 47        | 58.9    | 30.3      | 0        | 3        |
| 8   | 1         | 0          | 0       | 0         | 39.8    | 21.8      | 0        | 3        |
| 9   | 1         | 0          | 0       | 0         | 24.4    | 5.8       | 0        | 3        |
| 10  | 1         | 0          | 0       | 0         | 17.8    | 7.4       | 0        | 3        |
| 11  | 1         | 0          | 0       | 0         | 37.8    | 14.8      | 0        | 3        |
| 12  | 0.992     | 0          | 99.9    | 0         | 5.7     | 2         | 0        | 2        |
| 13  | 1         | 0          | 0       | 0         | 11.7    | 4.6       | 0        | 3        |
| 14  | 1         | 0          | 0       | 0         | 6       | 2.8       | 0        | 3        |

Next Close

Gambar 4.4.  
Tampilan Data Bus

4. Kemudian tekan tombol data saluran

Tampilan Data

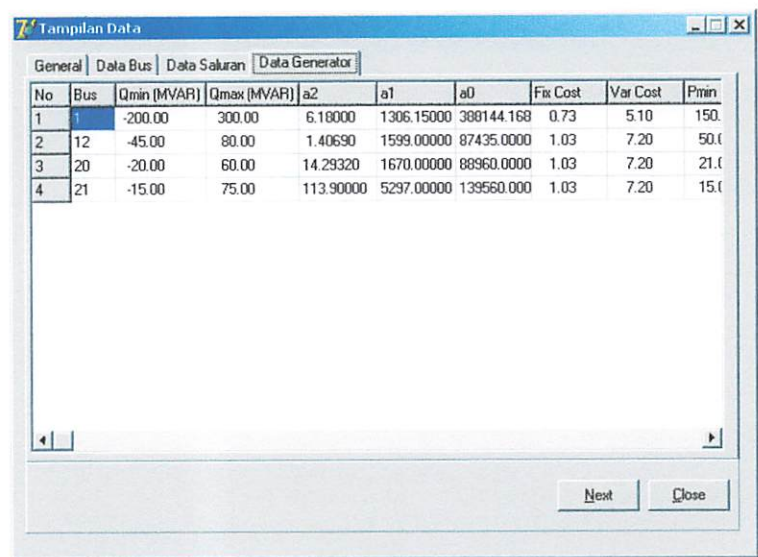
General Data Bus Data Saluran Data Generator

| No | Dari | Ke | R (pu) | X (pu) | Lc (pu) | Tr | Tu | Su (deg) | Kap (MVA) |
|----|------|----|--------|--------|---------|----|----|----------|-----------|
| 1  | 1    | 2  | 0.0053 | 0.0179 | 0.0065  | 0  | 0  | 0        | 222       |
| 2  | 1    | 9  | 0.0048 | 0.0346 | 0.0251  | 0  | 0  | 0        | 480       |
| 3  | 2    | 3  | 0.01   | 0.034  | 0.0123  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 4  | 2    | 4  | 0.0079 | 0.0269 | 0.0097  | 0  | 0  | 0        | 222       |
| 5  | 4    | 5  | 0.0135 | 0.046  | 0.0166  | 0  | 0  | 0        | 222       |
| 6  | 5    | 6  | 0.0167 | 0.0571 | 0.0206  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 7  | 5    | 7  | 0.0315 | 0.1077 | 0.0389  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 8  | 6    | 7  | 0.0148 | 0.0506 | 0.0183  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 9  | 7    | 8  | 0.0337 | 0.1151 | 0.0415  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 10 | 7    | 10 | 0.0104 | 0.0353 | 0.0128  | 0  | 0  | 0        | 222       |
| 11 | 7    | 11 | 0.043  | 0.1469 | 0.053   | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 12 | 8    | 11 | 0.0177 | 0.0604 | 0.0218  | 0  | 0  | 0        | 111       |
| 13 | 9    | 10 | 0.0091 | 0.031  | 0.0112  | 0  | 0  | 0        | 222       |
| 14 | 9    | 11 | 0.0966 | 0.0457 | 0.034   | 0  | 0  | 0        | 360       |

Next Close

Gambar 4.5  
Tampilan Data Saluran

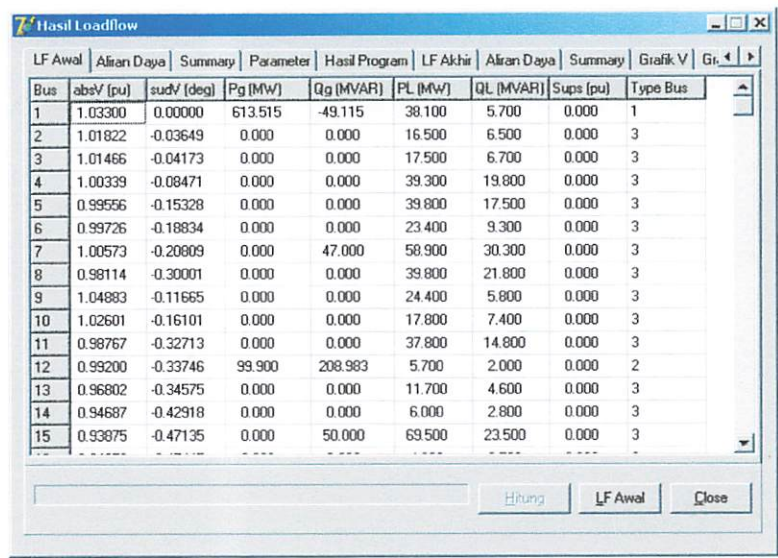
5. Kemudian tekan data generator



| No | Bus | Qmin (MVAR) | Qmax (MVAR) | a2        | a1         | a0         | Fix Cost | Var Cost | Pmin |
|----|-----|-------------|-------------|-----------|------------|------------|----------|----------|------|
| 1  | 1   | -200.00     | 300.00      | 6.18000   | 1306.15000 | 388144.168 | 0.73     | 5.10     | 150. |
| 2  | 12  | -45.00      | 80.00       | 1.40690   | 1599.00000 | 87435.0000 | 1.03     | 7.20     | 50.0 |
| 3  | 20  | -20.00      | 60.00       | 14.29320  | 1670.00000 | 88960.0000 | 1.03     | 7.20     | 21.0 |
| 4  | 21  | -15.00      | 75.00       | 113.90000 | 5297.00000 | 139560.000 | 1.03     | 7.20     | 15.0 |

Gambar 4.6.  
Tampilan Data Generator

6. Tekan tombol *next* kemudian tekan tombol *Lfawal* untuk melihat hasil perhitungan tegangan, sudut tegangan dan daya setiap bus pada kondisi awal.



| Bus | absV (pu) | sudV (deg) | Pg (MW) | Qg (MVAR) | PL (MW) | QL (MVAR) | Sups (pu) | Type Bus |
|-----|-----------|------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|----------|
| 1   | 1.03300   | 0.00000    | 613.515 | -49.115   | 38.100  | 5.700     | 0.000     | 1        |
| 2   | 1.01822   | -0.03649   | 0.000   | 0.000     | 16.500  | 6.500     | 0.000     | 3        |
| 3   | 1.01466   | -0.04173   | 0.000   | 0.000     | 17.500  | 6.700     | 0.000     | 3        |
| 4   | 1.00339   | -0.08471   | 0.000   | 0.000     | 39.300  | 19.800    | 0.000     | 3        |
| 5   | 0.99556   | -0.15328   | 0.000   | 0.000     | 39.800  | 17.500    | 0.000     | 3        |
| 6   | 0.99726   | -0.18834   | 0.000   | 0.000     | 23.400  | 9.300     | 0.000     | 3        |
| 7   | 1.00573   | -0.20809   | 0.000   | 0.000     | 58.900  | 30.300    | 0.000     | 3        |
| 8   | 0.98114   | -0.30001   | 0.000   | 0.000     | 39.800  | 21.800    | 0.000     | 3        |
| 9   | 1.04883   | -0.11665   | 0.000   | 0.000     | 24.400  | 5.800     | 0.000     | 3        |
| 10  | 1.02601   | -0.16101   | 0.000   | 0.000     | 17.800  | 7.400     | 0.000     | 3        |
| 11  | 0.98767   | -0.32713   | 0.000   | 0.000     | 37.800  | 14.800    | 0.000     | 3        |
| 12  | 0.99200   | -0.33746   | 99.900  | 208.983   | 5.700   | 2.000     | 0.000     | 2        |
| 13  | 0.96802   | -0.34575   | 0.000   | 0.000     | 11.700  | 4.600     | 0.000     | 3        |
| 14  | 0.94687   | -0.42918   | 0.000   | 0.000     | 6.000   | 2.800     | 0.000     | 3        |
| 15  | 0.93875   | -0.47135   | 0.000   | 50.000    | 69.500  | 23.500    | 0.000     | 3        |

Gambar 4.7.  
Tampilan hasil perhitungan tegangan, sudut tegangan dan daya setiap bus pada kondisi awal



7. Tekan tombol *aliran daya* untuk melihat hasil perhitungan *Load Flow* pada kondisi awal.

| No | Dari | Ke | P (MW)   | Q (MVAR) | Arus re (A) | Arus im (A) | Dari | Ke | P (MW)   | Q  |
|----|------|----|----------|----------|-------------|-------------|------|----|----------|----|
| 1  | 1    | 2  | 221.390  | 22.959   | 1428.783    | 148.169     | 2    | 1  | -218.928 | -1 |
| 2  | 1    | 9  | 354.025  | -77.774  | 2284.770    | -501.930    | 9    | 1  | -348.134 | 1  |
| 3  | 2    | 3  | 17.533   | 4.269    | 113.696     | 32.122      | 3    | 2  | -17.500  | -  |
| 4  | 2    | 4  | 184.895  | 5.241    | 1208.519    | 78.461      | 4    | 2  | -182.287 | -  |
| 5  | 4    | 5  | 142.987  | -21.457  | 958.682     | -61.669     | 5    | 4  | -140.193 | 2  |
| 6  | 5    | 6  | 55.636   | -20.208  | 388.854     | -76.850     | 6    | 5  | -55.059  | 1  |
| 7  | 5    | 7  | 44.757   | -24.952  | 321.708     | -119.371    | 7    | 5  | -43.979  | 1  |
| 8  | 6    | 7  | 31.659   | -27.391  | 242.180     | -140.243    | 7    | 6  | -31.413  | 2  |
| 9  | 7    | 8  | 79.253   | -2.296   | 517.154     | 93.639      | 8    | 7  | -77.159  | -  |
| 10 | 7    | 10 | -141.354 | -14.177  | -897.357    | -285.520    | 10   | 7  | 143.425  | 1  |
| 11 | 7    | 11 | 78.592   | -11.212  | 525.074     | 34.907      | 11   | 7  | -75.952  | -  |
| 12 | 8    | 11 | 37.359   | -23.055  | 288.806     | -74.634     | 11   | 8  | -37.022  | 1  |
| 13 | 9    | 10 | 163.525  | 31.391   | 1009.128    | 319.148     | 10   | 9  | -161.225 | -2 |
| 14 | 9    | 11 | 160.208  | -151.993 | 1123.851    | -841.026    | 11   | 9  | -118.368 | 1  |

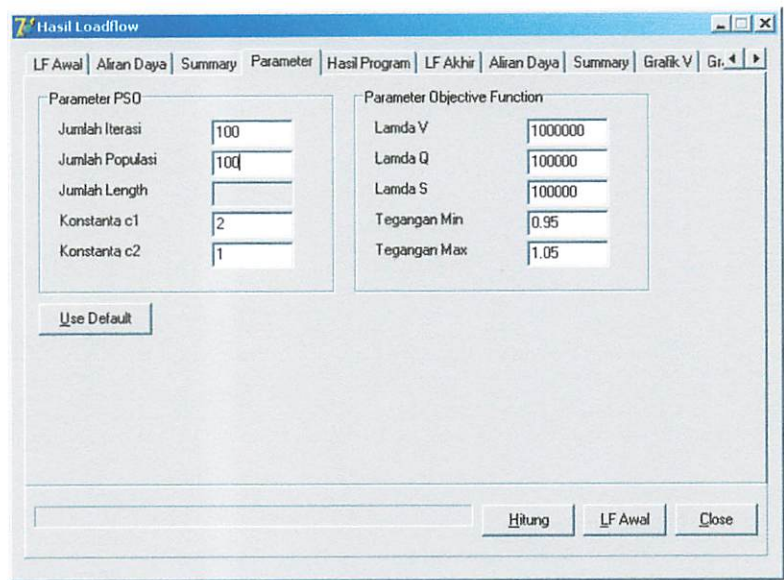
Gambar 4.8.  
Tampilan Hasil *LoadFlow* Pada Kondisi Awal

8. Tekan tombol *summary* untuk melihat hasil perhitungan jumlah pembangkitan, jumlah pembebanan dan jumlah rugi – rugi pada kondisi awal.

| Summary Loadflow    |                    |     |
|---------------------|--------------------|-----|
| Jumlah Pembangkitan | 829.415+ j 329.944 | MVA |
| Jumlah Pembebanan   | 744.000+ j 283.600 | MVA |
| Jumlah Rugi-Rugi    | 85.415+ j 46.344   | MVA |
| Iterasi             | 4                  |     |
| Waktu Hitung        | 0.0.0.10           |     |

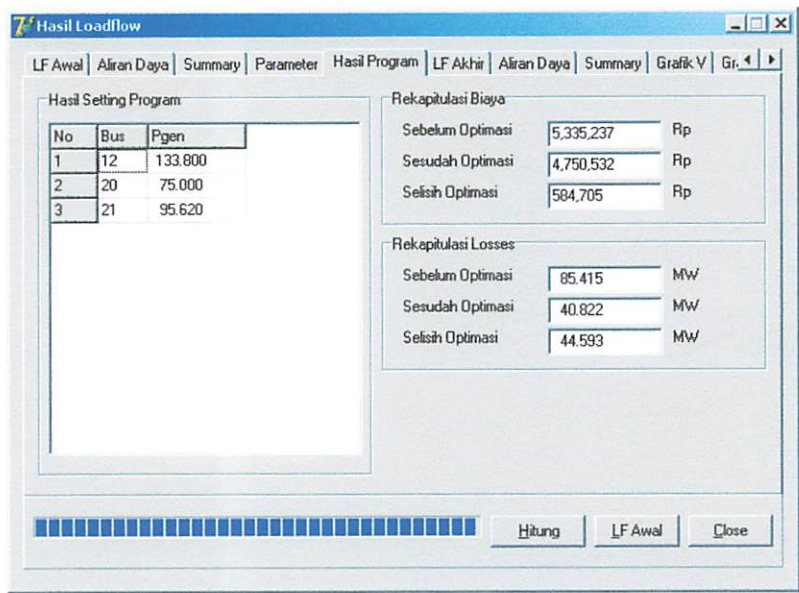
Gambar 4.9.  
Tampilan *Summary* pada kondisi awal

9. Tekan tombol *parameter*, kemudian tekan tombol *use default* untuk memasukkan parameter *PSO*, lalu tekan tombol *Hitung*



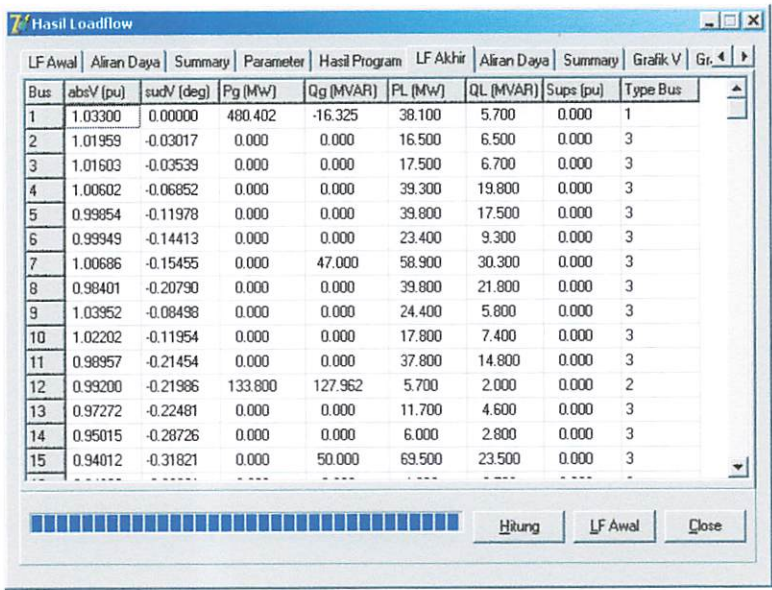
Gambar 4.10.  
Tampilan parameter *PSO*

10. Tekan tombol *Hasil Program*



Gambar 4.11.  
Tampilan Hasil Akhir Program

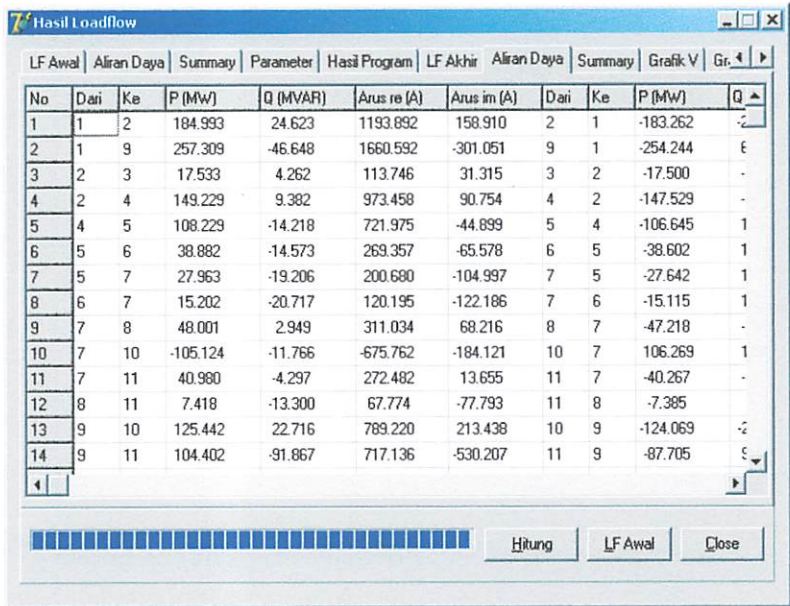
11. Tekan tombol *LF Akhir*



| Bus | absV (pu) | sudV (deg) | Pg (MW) | Qg (MVAR) | PL (MW) | QL (MVAR) | Sups (pu) | Type Bus |
|-----|-----------|------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|----------|
| 1   | 1.03300   | 0.00000    | 480.402 | -16.325   | 38.100  | 5.700     | 0.000     | 1        |
| 2   | 1.01959   | -0.03017   | 0.000   | 0.000     | 16.500  | 6.500     | 0.000     | 3        |
| 3   | 1.01503   | -0.03539   | 0.000   | 0.000     | 17.500  | 6.700     | 0.000     | 3        |
| 4   | 1.00602   | -0.06852   | 0.000   | 0.000     | 39.300  | 19.800    | 0.000     | 3        |
| 5   | 0.99954   | -0.11978   | 0.000   | 0.000     | 39.800  | 17.500    | 0.000     | 3        |
| 6   | 0.99949   | -0.14413   | 0.000   | 0.000     | 23.400  | 9.300     | 0.000     | 3        |
| 7   | 1.00686   | -0.15455   | 0.000   | 47.000    | 58.900  | 30.300    | 0.000     | 3        |
| 8   | 0.98401   | -0.20790   | 0.000   | 0.000     | 39.800  | 21.800    | 0.000     | 3        |
| 9   | 1.03952   | -0.08498   | 0.000   | 0.000     | 24.400  | 5.800     | 0.000     | 3        |
| 10  | 1.02202   | -0.11954   | 0.000   | 0.000     | 17.800  | 7.400     | 0.000     | 3        |
| 11  | 0.98957   | -0.21454   | 0.000   | 0.000     | 37.800  | 14.800    | 0.000     | 3        |
| 12  | 0.99200   | -0.21986   | 133.800 | 127.962   | 5.700   | 2.000     | 0.000     | 2        |
| 13  | 0.97272   | -0.22481   | 0.000   | 0.000     | 11.700  | 4.600     | 0.000     | 3        |
| 14  | 0.95015   | -0.28726   | 0.000   | 0.000     | 6.000   | 2.800     | 0.000     | 3        |
| 15  | 0.94012   | -0.31821   | 0.000   | 50.000    | 69.500  | 23.500    | 0.000     | 3        |

Gambar 4.12.  
Tampilan hasil perhitungan tegangan, sudut tegangan dan daya setiap bus pada kondisi akhir

12. Tekan tombol *Aliran Daya*

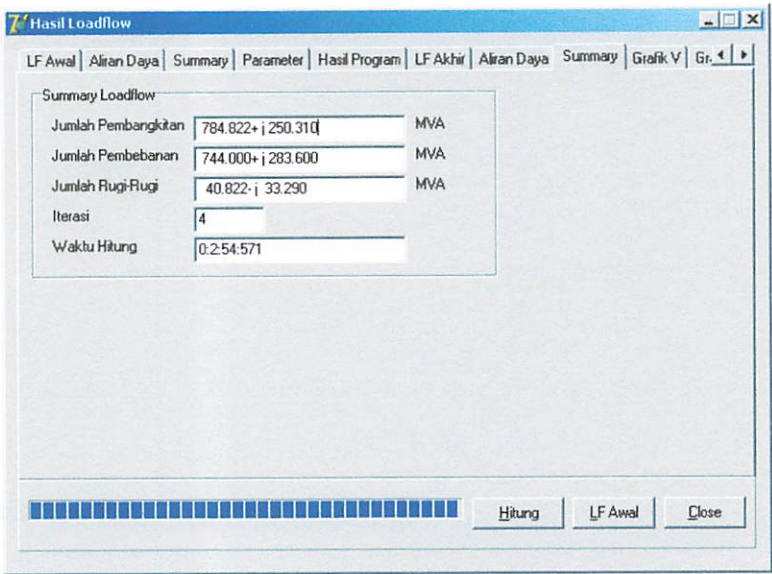


| No | Dari | Ke | P (MW)   | Q (MVAR) | Arus re (A) | Arus im (A) | Dari | Ke | P (MW)   | Q  |
|----|------|----|----------|----------|-------------|-------------|------|----|----------|----|
| 1  | 1    | 2  | 184.993  | 24.623   | 1193.892    | 158.910     | 2    | 1  | -183.262 | -2 |
| 2  | 1    | 9  | 257.309  | -46.648  | 1660.592    | -301.051    | 9    | 1  | -254.244 | 6  |
| 3  | 2    | 3  | 17.533   | 4.262    | 113.746     | 31.315      | 3    | 2  | -17.500  | -  |
| 4  | 2    | 4  | 149.229  | 9.382    | 973.458     | 90.754      | 4    | 2  | -147.529 | -  |
| 5  | 4    | 5  | 108.229  | -14.218  | 721.975     | -44.899     | 5    | 4  | -106.645 | 1  |
| 6  | 5    | 6  | 38.882   | -14.573  | 269.357     | -65.578     | 6    | 5  | -38.602  | 1  |
| 7  | 5    | 7  | 27.963   | -19.206  | 200.680     | -104.997    | 7    | 5  | -27.642  | 1  |
| 8  | 6    | 7  | 15.202   | -20.717  | 120.195     | -122.186    | 7    | 6  | -15.115  | 1  |
| 9  | 7    | 8  | 48.001   | 2.949    | 311.034     | 68.216      | 8    | 7  | -47.218  | -  |
| 10 | 7    | 10 | -105.124 | -11.766  | -675.762    | -184.121    | 10   | 7  | 106.269  | 1  |
| 11 | 7    | 11 | 40.980   | -4.297   | 272.482     | 13.655      | 11   | 7  | -40.267  | -  |
| 12 | 8    | 11 | 7.418    | -13.300  | 67.774      | -77.793     | 11   | 8  | -7.385   | -  |
| 13 | 9    | 10 | 125.442  | 22.716   | 789.220     | 213.438     | 10   | 9  | -124.069 | -2 |
| 14 | 9    | 11 | 104.402  | -91.867  | 717.136     | -530.207    | 11   | 9  | -87.705  | 5  |

Gambar 4.13.  
Tampilan Hasil *LoadFlow* Pada Kondisi Akhir



13. Tekan tombol *Summary*



Gambar 4.14.  
Tampilan *Summary load flow* pada kondisi akhir

14. Tekan tombol Grafik Tegangan



Gambar 4.15.  
Tampilan Grafik Perbandingan Tegangan dan Bus

#### **4.6. Hasil dan Analisis Hasil Perhitungan *Economic Load Dispatch* Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization* Pada Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton – Bali**

Berdasarkan data saluran transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton – Bali maka dilakukan pengolahan data untuk mengubah dasar tegangan ke dalam pu. Serta perhitungan  $P_{load}$  dan  $Q_{load}$ .

Pada bus nomor 1, maka :

$$\text{Tegangan Dasar} = 150 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan Sebenarnya} = 155 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan (pu)} = \frac{\text{Tegangan sebenarnya}}{\text{Tegangan dasar}}$$

$$\text{Tegangan (pu)} = \frac{155}{150} = 1.033 \text{ pu}$$

$$P_{beban} = 11.7 + 26.4 = 38,1 \text{ MW}$$

$$Q_{beban} = 5,7 \text{ MVAR}$$

Pada sub sistem Paiton dan Bali terdiri dari 25 bus dan 34 saluran transmisi, dalam hal ini saluran transmisi yang dibahas adalah saluran transmisi 150 kV.

4.6.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal

Tabel 4.6.  
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan dan  
Pembebanan

| No | Bus | Tegangan | Sudut    | Pembangkitan |         | Pembebanan |         |
|----|-----|----------|----------|--------------|---------|------------|---------|
|    |     |          |          | P(MW)        | Q(Mvar) | P(MW)      | Q(Mvar) |
| 1  | 1   | 1.03300  | 0.00000  | 613.515      | -49.115 | 38.1       | 5.7     |
| 2  | 2   | 1.01822  | -0.03649 | 0            | 0       | 16.5       | 6.5     |
| 3  | 3   | 1.01466  | -0.04173 | 0            | 0       | 17.5       | 6.7     |
| 4  | 4   | 1.00339  | -0.08471 | 0            | 0       | 39.3       | 19.8    |
| 5  | 5   | 0.99556  | -0.15328 | 0            | 0       | 39.8       | 17.5    |
| 6  | 6   | 0.99726  | -0.18834 | 0            | 0       | 23.4       | 9.3     |
| 7  | 7   | 1.00573  | -0.20809 | 0            | 47      | 58.9       | 30.3    |
| 8  | 8   | 0.98114  | -0.30001 | 0            | 0       | 39.8       | 21.8    |
| 9  | 9   | 1.04883  | -0.11665 | 0            | 0       | 24.4       | 5.8     |
| 10 | 10  | 1.02601  | -0.16101 | 0            | 0       | 17.8       | 7.4     |
| 11 | 11  | 0.98767  | -0.32713 | 0            | 0       | 37.8       | 14.8    |
| 12 | 12  | 0.99200  | -0.33746 | 99.9         | 208.983 | 5.7        | 2       |
| 13 | 13  | 0.96802  | -0.34575 | 0            | 0       | 11.7       | 4.6     |
| 14 | 14  | 0.94687  | -0.42918 | 0            | 0       | 6          | 2.8     |
| 15 | 15  | 0.93875  | -0.47135 | 0            | 50      | 69.5       | 23.5    |
| 16 | 16  | 0.94878  | -0.45445 | 0            | 0       | 4          | 0.5     |
| 17 | 17  | 0.95400  | -0.44330 | 0            | 0       | 24.8       | 8.8     |
| 18 | 18  | 0.93330  | -0.48183 | 0            | 0       | 32.8       | 13.3    |
| 19 | 19  | 0.93423  | -0.48205 | 0            | 0       | 76.4       | 28.9    |
| 20 | 20  | 0.93600  | -0.48101 | 31.4         | 23.439  | -          | -       |
| 21 | 21  | 0.93600  | -0.47662 | 84.6         | -0.362  | -          | -       |
| 22 | 22  | 0.93212  | -0.48962 | 0            | 25      | 51.4       | 19.3    |
| 23 | 23  | 0.93264  | -0.48585 | 0            | 25      | 60.3       | 17.7    |
| 24 | 24  | 0.93309  | -0.48292 | 0            | 0       | 33.7       | 9.6     |
| 25 | 25  | 0.92955  | -0.48715 | 0            | 0       | 14.4       | 7       |

Sumber : Hasil Perhitungan dengan Metode PSO



Tabel 4.6  
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sebelum Optimasi

| No | Saluran |    | Daya     |          | Saluran |    | Daya     |         |
|----|---------|----|----------|----------|---------|----|----------|---------|
|    | Dari    | Ke | P(MW)    | Q(Mvar)  | Dari    | Ke | P(MW)    | Q(Mvar) |
| 1  | 1       | 2  | 221.390  | 22.959   | 2       | 1  | -218.928 | -16.011 |
| 2  | 1       | 9  | 354.025  | -77.774  | 9       | 1  | -348.134 | 114.802 |
| 3  | 2       | 3  | 17.533   | 4.269    | 3       | 2  | -17.500  | -6.700  |
| 4  | 2       | 4  | 184.895  | 5.241    | 4       | 2  | -182.287 | 1.657   |
| 5  | 4       | 5  | 142.987  | -21.457  | 5       | 4  | -140.193 | 27.660  |
| 6  | 5       | 6  | 55.636   | -20.208  | 6       | 5  | -55.059  | 18.091  |
| 7  | 5       | 7  | 44.757   | -24.952  | 7       | 5  | -43.979  | 19.822  |
| 8  | 6       | 7  | 31.659   | -27.391  | 7       | 6  | -31.413  | 24.562  |
| 9  | 7       | 8  | 79.253   | -2.296   | 8       | 7  | -77.159  | 1.255   |
| 10 | 7       | 10 | -141.354 | -14.177  | 10      | 7  | 143.425  | 18.566  |
| 11 | 7       | 11 | 78.592   | -11.212  | 11      | 7  | -75.952  | 9.701   |
| 12 | 8       | 11 | 37.359   | -23.055  | 11      | 8  | -37.022  | 19.981  |
| 13 | 9       | 10 | 163.525  | 31.391   | 10      | 9  | -161.225 | -25.967 |
| 14 | 9       | 11 | 160.208  | -151.993 | 11      | 9  | -118.368 | 164.730 |
| 15 | 11      | 12 | 193.542  | -209.212 | 12      | 11 | -192.209 | 212.126 |
| 16 | 12      | 13 | 207.651  | -9.004   | 13      | 12 | -202.561 | 8.113   |
| 17 | 12      | 17 | 78.759   | 3.860    | 17      | 12 | -76.212  | -4.983  |
| 18 | 13      | 14 | 96.499   | -5.760   | 14      | 13 | -93.813  | 8.268   |
| 19 | 13      | 15 | 94.362   | -6.953   | 15      | 13 | -90.443  | 10.327  |
| 20 | 14      | 15 | 87.813   | -11.068  | 15      | 14 | -86.577  | 11.962  |
| 21 | 15      | 16 | -22.568  | -3.729   | 16      | 15 | 22.778   | -0.144  |
| 22 | 15      | 17 | -24.112  | -3.780   | 17      | 15 | 24.479   | -2.134  |
| 23 | 15      | 18 | 32.211   | 4.885    | 18      | 15 | -32.083  | -6.478  |
| 24 | 15      | 19 | 31.934   | 2.127    | 19      | 15 | -31.811  | -3.736  |
| 25 | 15      | 22 | 27.051   | -4.489   | 22      | 15 | -26.805  | 1.547   |
| 26 | 15      | 24 | 63.005   | 9.198    | 24      | 15 | -62.732  | -9.517  |
| 27 | 16      | 17 | -26.778  | -0.356   | 17      | 16 | 26.933   | -1.683  |
| 28 | 18      | 19 | -0.717   | -6.882   | 19      | 18 | 0.719    | 5.991   |
| 29 | 19      | 20 | -31.365  | -23.362  | 20      | 19 | 31.400   | 23.439  |
| 30 | 19      | 21 | -84.437  | 0.820    | 21      | 19 | 84.600   | -0.362  |
| 31 | 19      | 22 | 24.687   | -5.440   | 22      | 19 | -24.595  | 4.153   |
| 32 | 19      | 23 | 45.807   | -3.173   | 23      | 19 | -45.718  | 2.906   |
| 33 | 23      | 24 | -14.582  | 4.394    | 24      | 23 | 14.603   | -5.259  |
| 34 | 24      | 25 | 14.429   | 5.176    | 25      | 24 | -14.400  | -7.000  |

Keterangan:

Total Pembangkitan :  $829,415 + j 329,944$  MVA  
 Total Pembebanan :  $744,000 + j 283,600$  MVA  
 Total Rugi-Rugi Saluran :  $85,415 + j 46,344$  MVA

Tabel 4.8

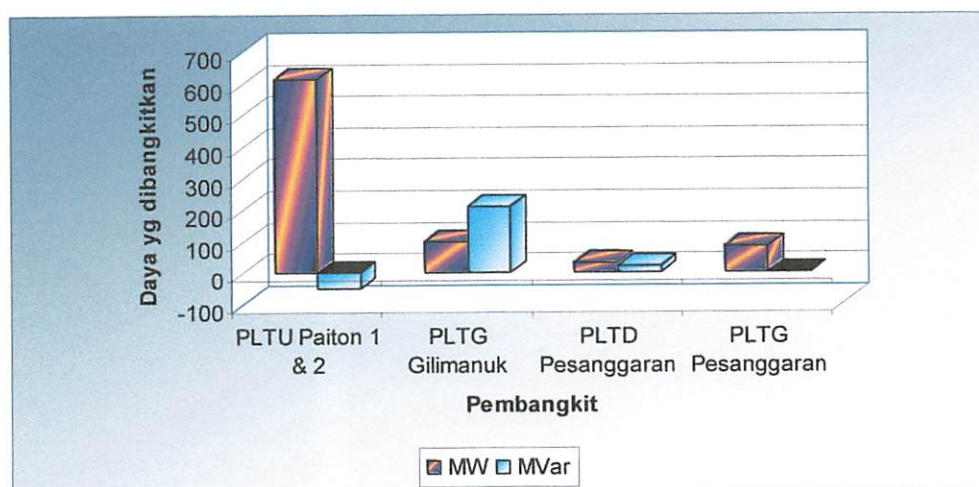
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan dan Biaya Operasi Sebelum Optimasi

| No           | Nama Pembangkit   | Daya Yang Dibangkitkan |                | a2      | a1       | a0         | Biaya Operasi       |
|--------------|-------------------|------------------------|----------------|---------|----------|------------|---------------------|
|              |                   | (MW)                   | (MVar)         |         |          |            | (Rupiah/jam)        |
| 1            | PLTU Paiton 1 & 2 | 613.515                | -49.115        | 6.180   | 1306.150 | 388144.168 | 3.515.642,83        |
| 2            | PLTG Gilimanuk    | 99.9                   | 208.983        | 1.4069  | 1599     | 87345      | 261.125,98          |
| 3            | PLTD Pesanggaran  | 31.4                   | 23.439         | 14.2932 | 1670     | 88960      | 155.490,52          |
| 4            | PLTG Pesanggaran  | 84.6                   | -0.362         | 113.9   | 5297     | 139560     | 1.402.886,72        |
| <b>Total</b> |                   | <b>829.415</b>         | <b>276.889</b> |         |          |            | <b>5.335.237,00</b> |

Sumber : Hasil Perhitungan dengan Metode PSO

Grafik 4.1

Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Awal





#### 4.6.2. Hasil Perhitungan Setelah Optimasi

Tabel 4.8  
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan  
Pembebanan

| No | Bus | Tegangan | Sudut    | Pembangkitan |         | Pembebanan |         |
|----|-----|----------|----------|--------------|---------|------------|---------|
|    |     |          |          | P(MW)        | Q(Mvar) | P(MW)      | Q(Mvar) |
| 1  | 1   | 1.03300  | 0.00000  | 480.402      | -16.325 | 38.1       | 5.7     |
| 2  | 2   | 1.01959  | -0.03017 | 0            | 0       | 16.5       | 6.5     |
| 3  | 3   | 1.01603  | -0.03539 | 0            | 0       | 17.5       | 6.7     |
| 4  | 4   | 1.00602  | -0.06852 | 0            | 0       | 39.3       | 19.8    |
| 5  | 5   | 0.99854  | -0.11978 | 0            | 0       | 39.8       | 17.5    |
| 6  | 6   | 0.99949  | -0.14413 | 0            | 0       | 23.4       | 9.3     |
| 7  | 7   | 1.00686  | -0.15455 | 0            | 47      | 58.9       | 30.3    |
| 8  | 8   | 0.98401  | -0.20790 | 0            | 0       | 39.8       | 21.8    |
| 9  | 9   | 1.03952  | -0.08498 | 0            | 0       | 24.4       | 5.8     |
| 10 | 10  | 1.02202  | -0.11954 | 0            | 0       | 17.8       | 7.4     |
| 11 | 11  | 0.98957  | -0.21454 | 0            | 0       | 37.8       | 14.8    |
| 12 | 12  | 0.99200  | -0.21986 | 133.80       | 127.962 | 5.7        | 2       |
| 13 | 13  | 0.97272  | -0.22481 | 0            | 0       | 11.7       | 4.6     |
| 14 | 14  | 0.95015  | -0.28726 | 0            | 0       | 6          | 2.8     |
| 15 | 15  | 0.94012  | -0.31821 | 0            | 50      | 69.5       | 23.5    |
| 16 | 16  | 0.94960  | -0.30861 | 0            | 0       | 4          | 0.5     |
| 17 | 17  | 0.95444  | -0.30131 | 0            | 0       | 24.8       | 8.8     |
| 18 | 18  | 0.93387  | -0.32296 | 0            | 0       | 32.8       | 13.3    |
| 19 | 19  | 0.93443  | -0.32073 | 0            | 0       | 76.4       | 28.9    |
| 20 | 20  | 0.93600  | -0.31694 | 75           | -0.65   | -          | -       |
| 21 | 21  | 0.93600  | -0.31443 | 95.62        | -7.677  | -          | -       |
| 22 | 22  | 0.93269  | -0.33077 | 0            | 25      | 51.4       | 19.3    |
| 23 | 23  | 0.93297  | -0.32606 | 0            | 25      | 60.3       | 17.7    |
| 24 | 24  | 0.93371  | -0.32639 | 0            | 0       | 33.7       | 9.6     |
| 25 | 25  | 0.93017  | -0.33061 | 0            | 0       | 14.4       | 7       |

Tabel 4.9  
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Setelah Optimasi

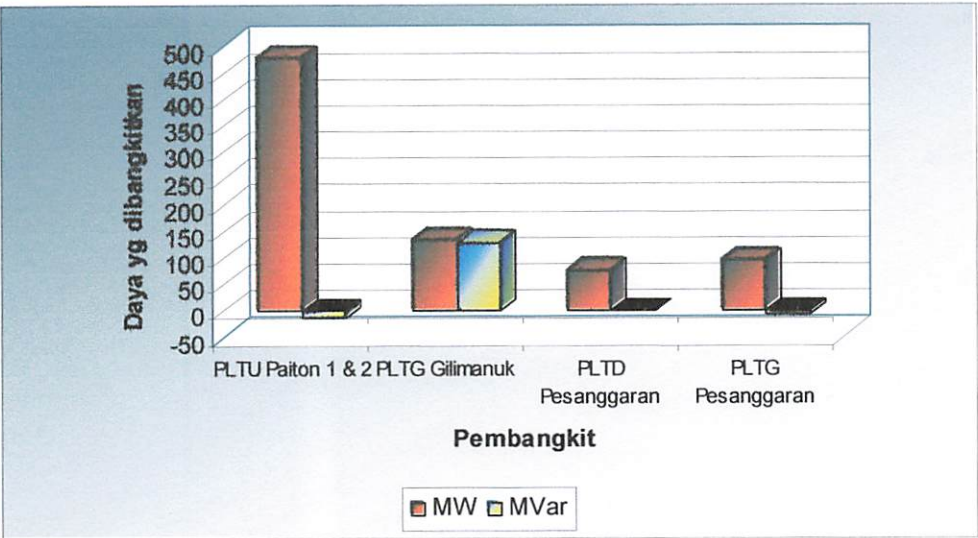
| No | Saluran |    | Daya     |          | Saluran |    | Daya     |         |
|----|---------|----|----------|----------|---------|----|----------|---------|
|    | Dari    | Ke | P(MW)    | Q(Mvar)  | Dari    | Ke | P(MW)    | Q(Mvar) |
| 1  | 1       | 2  | 184.993  | 24.623   | 2       | 1  | -183.262 | -20.144 |
| 2  | 1       | 9  | 257.309  | -46.648  | 9       | 1  | -254.244 | 63.352  |
| 3  | 2       | 3  | 17.533   | 4.262    | 3       | 2  | -17.500  | -6.700  |
| 4  | 2       | 4  | 149.229  | 9.382    | 4       | 2  | -147.529 | -5.582  |
| 5  | 4       | 5  | 108.229  | -14.218  | 5       | 4  | -106.645 | 16.279  |
| 6  | 5       | 6  | 38.882   | -14.573  | 6       | 5  | -38.602  | 11.417  |
| 7  | 5       | 7  | 27.963   | -19.206  | 7       | 5  | -27.642  | 12.482  |
| 8  | 6       | 7  | 15.202   | -20.717  | 7       | 6  | -15.115  | 17.331  |
| 9  | 7       | 8  | 48.001   | 2.949    | 8       | 7  | -47.218  | -8.500  |
| 10 | 7       | 10 | -105.124 | -11.766  | 10      | 7  | 106.269  | 13.017  |
| 11 | 7       | 11 | 40.980   | -4.297   | 11      | 7  | -40.267  | -3.831  |
| 12 | 8       | 11 | 7.418    | -13.300  | 11      | 8  | -7.385   | 9.167   |
| 13 | 9       | 10 | 125.442  | 22.716   | 10      | 9  | -124.069 | -20.418 |
| 14 | 9       | 11 | 104.402  | -91.867  | 11      | 9  | -87.705  | 92.762  |
| 15 | 11      | 12 | 97.556   | -112.899 | 12      | 11 | -97.192  | 113.694 |
| 16 | 12      | 13 | 163.067  | 5.355    | 13      | 12 | -159.927 | -6.828  |
| 17 | 12      | 17 | 62.226   | 6.913    | 17      | 12 | -60.599  | -11.068 |
| 18 | 13      | 14 | 75.182   | 1.690    | 14      | 13 | -73.563  | -2.322  |
| 19 | 13      | 15 | 73.045   | 0.538    | 15      | 13 | -70.712  | -1.811  |
| 20 | 14      | 15 | 67.563   | -0.478   | 15      | 14 | -66.845  | -0.141  |
| 21 | 15      | 16 | -14.964  | -7.104   | 16      | 15 | 15.066   | 3.014   |
| 22 | 15      | 17 | -16.473  | -7.221   | 17      | 15 | 16.653   | 0.941   |
| 23 | 15      | 18 | 18.240   | 12.078   | 18      | 15 | -18.180  | -13.871 |
| 24 | 15      | 19 | 11.942   | 12.470   | 19      | 15 | -11.904  | -14.329 |
| 25 | 15      | 22 | 20.586   | 0.092    | 22      | 15 | -20.444  | -3.241  |
| 26 | 15      | 24 | 48.726   | 18.137   | 24      | 15 | -48.544  | -18.719 |
| 27 | 16      | 17 | -19.066  | -3.514   | 17      | 16 | 19.145   | 1.327   |
| 28 | 18      | 19 | -14.620  | 0.571    | 19      | 18 | 14.631   | -1.377  |
| 29 | 19      | 20 | -74.872  | 0.933    | 20      | 19 | 75.000   | -0.650  |
| 30 | 19      | 21 | -95.410  | 8.266    | 21      | 19 | 95.620   | -7.677  |
| 31 | 19      | 22 | 31.109   | -10.111  | 22      | 19 | -30.956  | 8.941   |
| 32 | 19      | 23 | 60.046   | -12.284  | 23      | 19 | -59.887  | 12.148  |
| 33 | 23      | 24 | -0.413   | -4.848   | 24      | 23 | 0.415    | 3.946   |
| 34 | 24      | 25 | 14.429   | 5.173    | 25      | 24 | -14.400  | -7.000  |

Keterangan:

Total Pembangkitan : 784,822 + j 250,310 MVA  
Total Pembebanan : 744,000 + j 283,600 MVA  
Total Rugi-Rugi Saluran : 40,822 – j 33,290 MVA

Tabel 4.10  
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan dan Biaya Operasi Setelah Optimasi

| No    | Nama Pembangkit   | Daya Yang Dibangkitkan |         | a2     | a1       | a0         | Biaya Operasi |
|-------|-------------------|------------------------|---------|--------|----------|------------|---------------|
|       |                   | (MW)                   | (MVar)  |        |          |            | (Rupiah/jam)  |
| 1     | PLTU Paiton 1 & 2 | 480.402                | -16.325 | 6.180  | 1306.150 | 388144.168 | 2.441.879,22  |
| 2     | PLTG Gilimanuk    | 133.80                 | 127.96  | 1.4069 | 1599     | 87345      | 326.478,14    |
| 3     | PLTD Pesanggaran  | 75                     | -0.65   | 14.293 | 1670     | 88960      | 294.609,25    |
| 4     | PLTG Pesanggaran  | 95.62                  | -7.677  | 113.9  | 5297     | 139560     | 1.687.467,84  |
| Total |                   | 784.822                | 103.31  |        |          |            | 4.750.532,00  |



Grafik 4.2  
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Akhir



#### 4.7. Perbandingan Hasil Perhitungan *Economic Load Dispatch* Sebelum dan Setelah Penggunaan Metode *Particle Swarm Optimization*

##### 4.7.1. Tingkat Optimum Biaya Pembangkitan

Berikut ini adalah tabel yang berisi perbandingan biaya optimum pembangkitan antara hasil perhitungan sebelum dengan sesudah optimasi.

Tabel 4.11  
Perbandingan Tingkat Optimum Biaya Pembangkitan

| No | Nama Pembangkit   | Sebelum Optimasi | Setelah Optimasi |
|----|-------------------|------------------|------------------|
| 1  | PLTU Paiton 1 & 2 | Rp. 3.515.642,83 | Rp. 2.441.879,22 |
| 2  | PLTG Gilimanuk    | Rp. 261.125,98   | Rp. 326.478,14   |
| 3  | PLTD Pesanggaran  | Rp. 155.490,52   | Rp. 294.609,25   |
| 4  | PLTG Pesanggaran  | Rp. 1.402.886,72 | Rp. 1.687.467,84 |
|    | <b>Total</b>      | Rp. 5.335.237,00 | Rp. 4.750.532,00 |

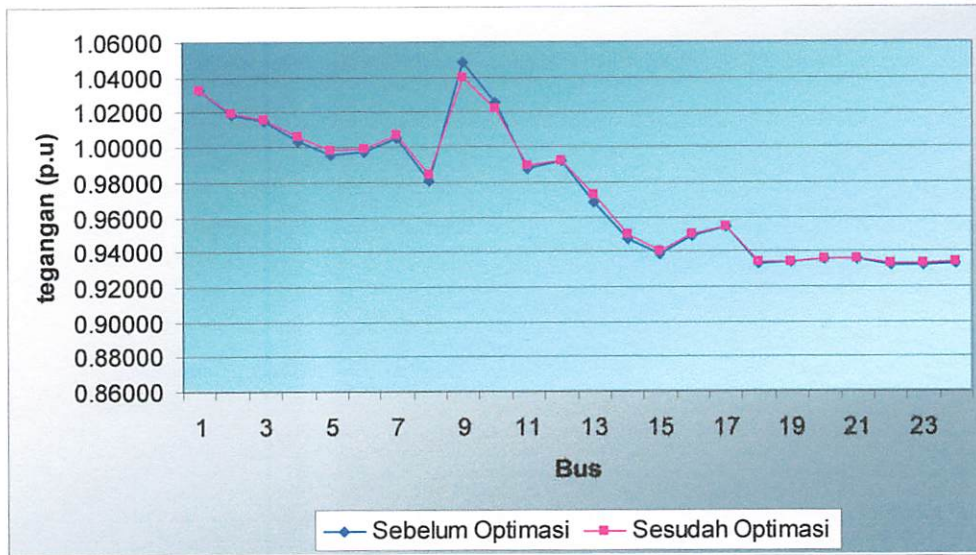
Dari tabel tingkat optimum diatas dapat dilihat bahwa besarnya biaya produksi pembangkitan sebelum optimasi adalah Rp 5.335.237,00 sedangkan besarnya biaya produksi pembangkitan setelah optimasi adalah Rp 4.750.532,00. Jadi selisih antara biaya produksi pembangkitan sebelum dengan sesudah optimasi adalah Rp. 584.705,00 atau terjadi optimasi biaya sebesar 10,959 %.

4.7.2. Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan Pada Tiap Bus

Berikut ini adalah tabel perbandingan tingkat tegangan dan sudut tegangan pada tiap bus :

Tabel 4.12  
Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan Pada Tiap Bus

| No. | Bus | Sebelum Optimasi |                      | Sesudah Optimasi |                      |
|-----|-----|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
|     |     | Tegangan (pu)    | Sudut Tegangan (deg) | Tegangan (pu)    | Sudut Tegangan (deg) |
| 1   | 1   | 1.03300          | 0.00000              | 1.03300          | 0.00000              |
| 2   | 2   | 1.01822          | -0.03649             | 1.01959          | -0.03017             |
| 3   | 3   | 1.01466          | -0.04173             | 1.01603          | -0.03539             |
| 4   | 4   | 1.00339          | -0.08471             | 1.00602          | -0.06852             |
| 5   | 5   | 0.99556          | -0.15328             | 0.99854          | -0.11978             |
| 6   | 6   | 0.99726          | -0.18834             | 0.99949          | -0.14413             |
| 7   | 7   | 1.00573          | -0.20809             | 1.00686          | -0.15455             |
| 8   | 8   | 0.98114          | -0.30001             | 0.98401          | -0.20790             |
| 9   | 9   | 1.04883          | -0.11665             | 1.03952          | -0.08498             |
| 10  | 10  | 1.02601          | -0.16101             | 1.02202          | -0.11954             |
| 11  | 11  | 0.98767          | -0.32713             | 0.98957          | -0.21454             |
| 12  | 12  | 0.99200          | -0.33746             | 0.99200          | -0.21986             |
| 13  | 13  | 0.96802          | -0.34575             | 0.97272          | -0.22481             |
| 14  | 14  | 0.94687          | -0.42918             | 0.95015          | -0.28726             |
| 15  | 15  | 0.93875          | -0.47135             | 0.94012          | -0.31821             |
| 16  | 16  | 0.94878          | -0.45445             | 0.94960          | -0.30861             |
| 17  | 17  | 0.95400          | -0.44330             | 0.95444          | -0.30131             |
| 18  | 18  | 0.93330          | -0.48183             | 0.93387          | -0.32296             |
| 19  | 19  | 0.93423          | -0.48205             | 0.93443          | -0.32073             |
| 20  | 20  | 0.93600          | -0.48101             | 0.93600          | -0.31694             |
| 21  | 21  | 0.93600          | -0.47662             | 0.93600          | -0.31443             |
| 22  | 22  | 0.93212          | -0.48962             | 0.93269          | -0.33077             |
| 23  | 23  | 0.93264          | -0.48585             | 0.93297          | -0.32606             |
| 24  | 24  | 0.93309          | -0.48292             | 0.93371          | -0.32639             |
| 25  | 25  | 0.92955          | -0.48715             | 0.93017          | -0.33061             |



Grafik 4.3.  
Perbandingan Tegangan pada Tiap Bus Sebelum dan Sesudah Optimasi

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa tegangan pada tiap bus mengalami perubahan, yaitu bus 2 yaitu dari 1.01822 p.u menjadi 1.01959 p.u; bus 3 yaitu dari 1.01466 p.u menjadi 1.01603 p.u; bus 4 yaitu dari 1.00339 p.u menjadi 1.00602 p.u; bus 5 yaitu dari 0.99556 p.u menjadi 0.99854 p.u; bus 6 yaitu dari 0.99726 p.u menjadi 0.99949 p.u; bus 7 yaitu dari 1.00573 p.u menjadi 1.00686 p.u; bus 8 yaitu dari 0.98114 p.u menjadi 0.98401 p.u; bus 9 yaitu dari 1.04883 p.u menjadi 1.03952 p.u; bus 10 yaitu dari 1.02601 p.u menjadi 1.02202 p.u; bus 11 yaitu dari 0.98767 p.u menjadi 0.98957 p.u; bus 13 yaitu dari 0.96802 p.u menjadi 0.97272 p.u; bus 14 yaitu dari 0.94687 p.u menjadi 0.95015 p.u; bus 15 yaitu dari 0.93875 p.u menjadi 0.94012 p.u; bus 16 yaitu dari 0.94878 p.u menjadi 0.94960 p.u; bus 17 yaitu dari 0.95400 p.u menjadi 0.95444 p.u; bus 18 yaitu dari 0.93330 p.u menjadi 0.93387 p.u; bus 19 yaitu dari 0.93423 p.u menjadi 0.93443 p.u; bus 22 yaitu dari 0.93212 p.u menjadi 0.93269 p.u; bus 23 yaitu dari 0.93264



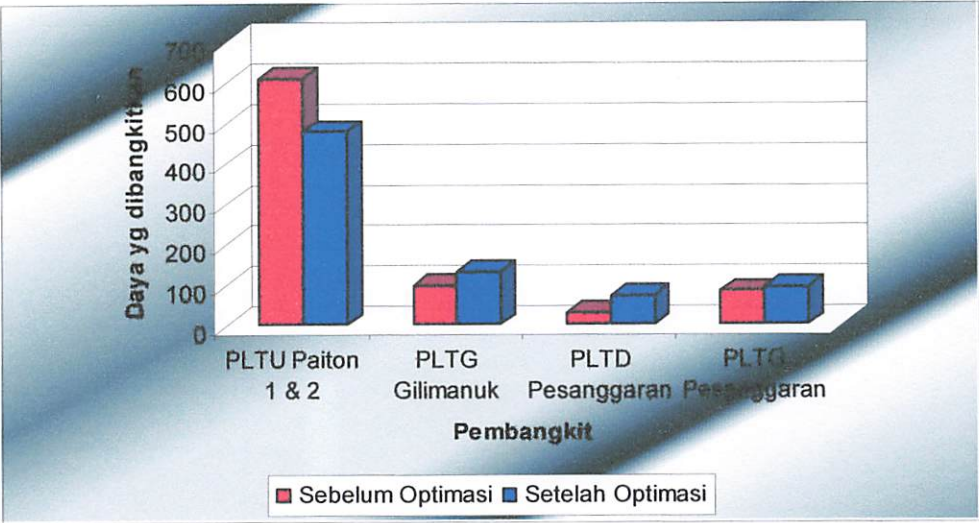
p.u menjadi 0.93297 p.u; bus 24 yaitu dari 0.93309 p.u menjadi 0.93371 p.u; bus 25 yaitu dari 0.92955 p.u menjadi 0.93017 p.u.

4.7.3. Perbandingan Pembangkitan Daya Aktif Sebelum dan Setelah Optimasi

Berikut ini adalah tabel perbandingan pembangkitan daya aktif sebelum dan setelah optimasi :

Tabel 4.13  
Perbandingan Pembangkitan Daya Aktif Sebelum dan Setelah Optimasi

| No    | Nama Pembangkit   | Sebelum Optimasi | Setelah Optimasi |
|-------|-------------------|------------------|------------------|
|       |                   | P ( MW )         | P ( MW )         |
| 1     | PLTU Paiton 1 & 2 | 613.515          | 480.402          |
| 2     | PLTG Gilimanuk    | 99.9             | 133.80           |
| 3     | PLTD Pesanggaran  | 31.4             | 75               |
| 4     | PLTG Pesanggaran  | 84.6             | 95.62            |
| Total |                   | 829.415          | 784.822          |



Grafik 4.4.  
Perbandingan Daya yang Dibangkitkan Sebelum dan Sesudah Optimasi

#### 4.7.4. Perbandingan Tingkat Aliran Daya Sebelum Dan Setelah Optimasi

Berikut ini adalah tabel perbandingan aliran daya aktif dan reaktif sebelum dan setelah optimasi :

Tabel 4.14  
Perbandingan Aliran Daya Aktif dan Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Optimasi  
Pada Tiap Bus

| No | Saluran |    | Sebelum Optimasi |          | Setelah Optimasi |          |
|----|---------|----|------------------|----------|------------------|----------|
|    |         |    | Daya             |          | Daya             |          |
|    | Dari    | Ke | P(MW)            | Q(Mvar)  | P(MW)            | Q(Mvar)  |
| 1  | 1       | 2  | 221.390          | 22.959   | 184.993          | 24.623   |
| 2  | 1       | 9  | 354.025          | -77.774  | 257.309          | -46.648  |
| 3  | 2       | 3  | 17.533           | 4.269    | 17.533           | 4.262    |
| 4  | 2       | 4  | 184.895          | 5.241    | 149.229          | 9.382    |
| 5  | 4       | 5  | 142.987          | -21.457  | 108.229          | -14.218  |
| 6  | 5       | 6  | 55.636           | -20.208  | 38.882           | -14.573  |
| 7  | 5       | 7  | 44.757           | -24.952  | 27.963           | -19.206  |
| 8  | 6       | 7  | 31.659           | -27.391  | 15.202           | -20.717  |
| 9  | 7       | 8  | 79.253           | -2.296   | 48.001           | 2.949    |
| 10 | 7       | 10 | -141.354         | -14.177  | -105.124         | -11.766  |
| 11 | 7       | 11 | 78.592           | -11.212  | 40.980           | -4.297   |
| 12 | 8       | 11 | 37.359           | -23.055  | 7.418            | -13.300  |
| 13 | 9       | 10 | 163.525          | 31.391   | 125.442          | 22.716   |
| 14 | 9       | 11 | 160.208          | -151.993 | 104.402          | -91.867  |
| 15 | 11      | 12 | 193.542          | -209.212 | 97.556           | -112.899 |
| 16 | 12      | 13 | 207.651          | -9.004   | 163.067          | 5.355    |
| 17 | 12      | 17 | 78.759           | 3.860    | 62.226           | 6.913    |
| 18 | 13      | 14 | 96.499           | -5.760   | 75.182           | 1.690    |
| 19 | 13      | 15 | 94.362           | -6.953   | 73.045           | 0.538    |
| 20 | 14      | 15 | 87.813           | -11.068  | 67.563           | -0.478   |
| 21 | 15      | 16 | -22.568          | -3.729   | -14.964          | -7.104   |
| 22 | 15      | 17 | -24.112          | -3.780   | -16.473          | -7.221   |
| 23 | 15      | 18 | 32.211           | 4.885    | 18.240           | 12.078   |
| 24 | 15      | 19 | 31.934           | 2.127    | 11.942           | 12.470   |
| 25 | 15      | 22 | 27.051           | -4.489   | 20.586           | 0.092    |
| 26 | 15      | 24 | 63.005           | 9.198    | 48.726           | 18.137   |
| 27 | 16      | 17 | -26.778          | -0.356   | -19.066          | -3.514   |
| 28 | 18      | 19 | -0.717           | -6.882   | -14.620          | 0.571    |



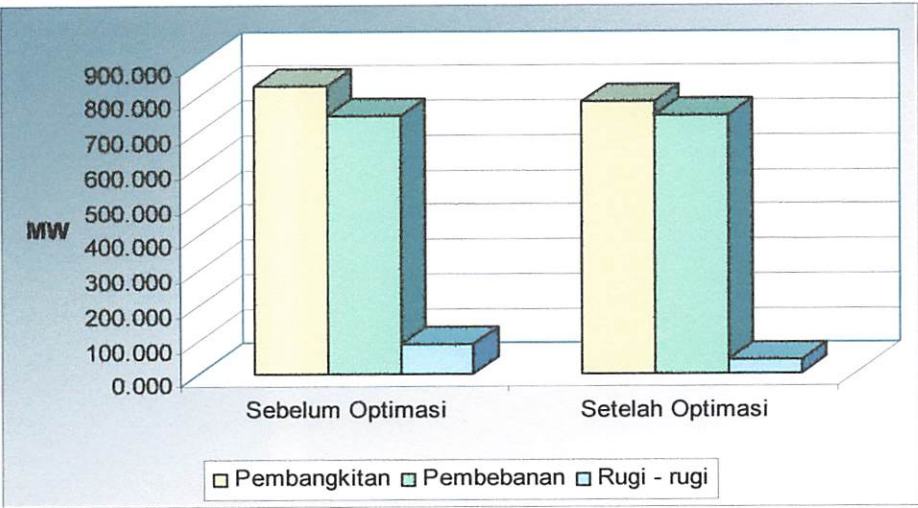
|    |    |    |         |         |         |         |
|----|----|----|---------|---------|---------|---------|
| 29 | 19 | 20 | -31.365 | -23.362 | -74.872 | 0.933   |
| 30 | 19 | 21 | -84.437 | 0.820   | -95.410 | 8.266   |
| 31 | 19 | 22 | 24.687  | -5.440  | 31.109  | -10.111 |
| 32 | 19 | 23 | 45.807  | -3.173  | 60.046  | -12.284 |
| 33 | 23 | 24 | -14.582 | 4.394   | -0.413  | -4.848  |
| 34 | 24 | 25 | 14.429  | 5.176   | 14.429  | 5.173   |

#### 4.7.5. Perbandingan Tingkat Rugi-rugi Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa rugi daya aktif yang ada sebelum dan sesudah optimasi terjadi penurunan yaitu untuk rugi daya aktif sebelum dioptimasi adalah 85,415 MW, sedangkan perhitungan rugi daya aktif setelah optimasi adalah 40,822 MW atau terjadi optimasi sebesar 44,593 MW atau sebesar 52,21 %.

Tabel 4.15  
Perbandingan Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi – rugi Daya Aktif  
Sebelum dan Setelah Optimasi

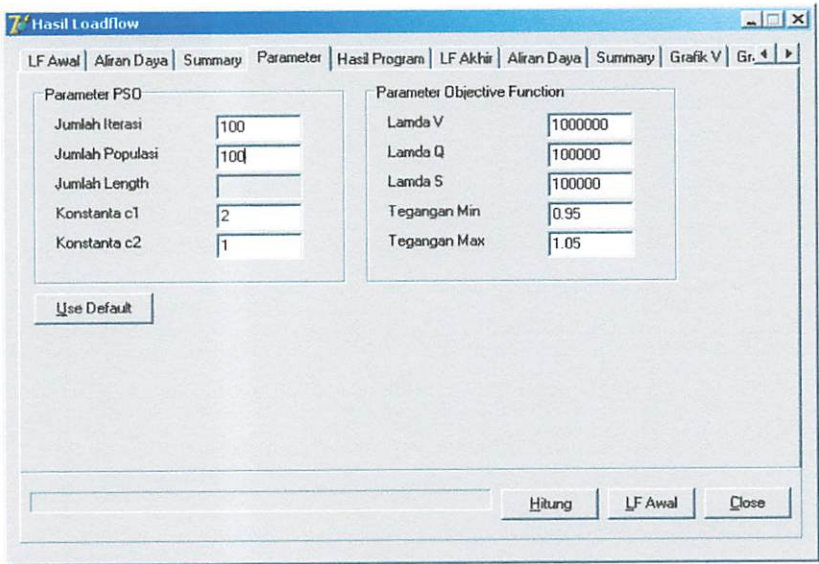
|       | Sebelum Optimasi |            |             | Setelah Optimasi |            |             |
|-------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|-------------|
|       | Pembangkitan     | Pembebanan | Rugi - Rugi | Pembangkitan     | Pembebanan | Rugi - Rugi |
|       | MW               | MW         | MW          | MW               | MW         | MW          |
| Total | 829,415          | 744,000    | 85,415      | 784,822          | 744,000    | 40,822      |



Grafik 4.5  
Perbandingan Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-Rugi Total  
Sebelum dan Sesudah Optimasi

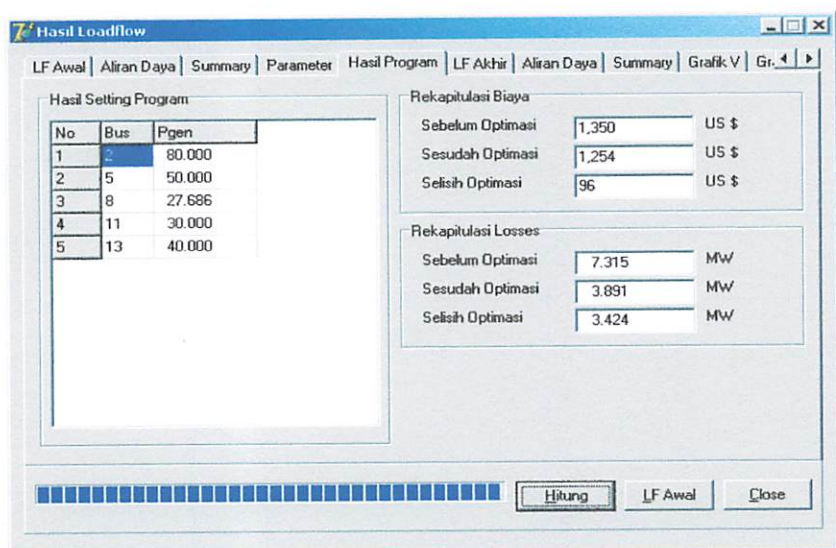
#### 4.8. Hasil Validasi IEEE 30 Dengan Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization*

##### 1. Tampilan Parameter Validasi



Gambar 4.16.  
Tampilan Parameter *Particle Swarm Optimization* Validasi IEEE 30

Gambar 4.17.  
Hasil *Load Flow*



Gambar 4.18.  
Tampilan Hasil Validasi IEEE 30  
Hasil Perhitungan Biaya Pembangkitan

Tabel 4.9.  
Perbandingan Hasil Data Referensi Jurnal Dengan Data Optimasi

| No. | No. Bus | Data Referensi        | Data Optimasi         |
|-----|---------|-----------------------|-----------------------|
|     |         | P <sub>Gen</sub> (MW) | P <sub>Gen</sub> (MW) |
| 1   | 1       | 138.92                | 146.432               |
| 2   | 2       | 57.56                 | 80                    |
| 3   | 5       | 24.56                 | 27.686                |
| 4   | 8       | 35                    | 13.948                |
| 5   | 11      | 17.93                 | 30                    |
| 6   | 13      | 16.91                 | 40                    |

Setelah dilakukan proses optimasi maka diperoleh biaya pembangkitan dari data IEEE 30 yaitu sebesar 1,245 \$/hr, sedangkan dari data referensi jurnal diperoleh biaya pembangkitan sebesar 1,245.516 \$/hr. Dari proses validasi di atas maka didapatkan error sebesar 0,000414 atau sekitar 0,0414 %.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisa perhitungan *economic load dispatch* pada saluran transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton-Bali dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* ( *PSO* ) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan load flow setelah optimasi menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* ( *PSO* ) profil tegangan mengalami perubahan, yaitu : bus 2 yaitu dari 1.01822 p.u menjadi 1.01959 p.u; bus 3 yaitu dari 1.01466 p.u menjadi 1.01603 p.u; bus 4 yaitu dari 1.00339 p.u menjadi 1.00602 p.u; bus 5 yaitu dari 0.99556 p.u menjadi 0.99854 p.u; bus 6 yaitu dari 0.99726 p.u menjadi 0.99949 p.u; bus 7 yaitu dari 1.00573 p.u menjadi 1.00686 p.u; bus 8 yaitu dari 0.98114 p.u menjadi 0.98401 p.u; bus 9 yaitu dari 1.04883 p.u menjadi 1.03952 p.u; bus 10 yaitu dari 1.02601 p.u menjadi 1.02202 p.u; bus 11 yaitu dari 0.98767 p.u menjadi 0.98957 p.u; bus 13 yaitu dari 0.96802 p.u menjadi 0.97272 p.u; bus 14 yaitu dari 0.94687 p.u menjadi 0.95015 p.u; bus 15 yaitu dari 0.93875 p.u menjadi 0.94012 p.u; bus 16 yaitu dari 0.94878 p.u menjadi 0.94960 p.u; bus 17 yaitu dari 0.95400 p.u menjadi 0.95444 p.u; bus 18 yaitu dari 0.93330 p.u menjadi 0.93387 p.u; bus 19 yaitu dari 0.93423 p.u menjadi 0.93443 p.u; bus 22 yaitu dari 0.93212 p.u menjadi 0.93269 p.u; bus 23 yaitu dari 0.93264 p.u menjadi 0.93297 p.u; bus 24 yaitu dari 0.93309 p.u menjadi 0.93371 p.u; bus 25 yaitu dari 0.92955 p.u menjadi 0.93017 p.u.

2. Biaya produksi pembangkitan dapat dioptimalkan. Biaya produksi pembangkitan sebelum optimasi adalah Rp 5.335.237,00 sedangkan besarnya biaya produksi pembangkitan setelah optimasi adalah Rp 4.750.532,00. Jadi selisih antara biaya produksi pembangkitan sebelum dengan sesudah optimasi adalah Rp. 584.705,00 atau terjadi optimasi biaya sebesar 10,959 %.
3. Dengan melakukan *economic load dispatch* pada saluran transmisi 150 kV sub sistem Paiton – Bali menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) ternyata rugi-rugi daya aktif sistem turun dari 85,415 MW menjadi 40,822 MW, atau terjadi optimasi sebesar 52,21 %.

## 5.2. Saran

Penggunaan metode *Particle Swarm Optimization* ( PSO ) untuk menyelesaikan permasalahan *economic load dispatch* pada saluran transmisi masih perlu dikembangkan lagi terhadap sistem jaringan yang lebih luas sehingga nantinya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam pemecahan permasalahan pembebanan ekonomis pada saluran transmisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pancoli, Rohit Kumar, "*Particle Swarm Optimization for Economic Dispatch with Line flow and Voltage Constraints*", IEEE, 2003.
- [2]. Kumar, A. Immanuel Selva, "*Particle Swarm Optimization Solution to Emmission and Economic Dispatch Problem*", IEEE, 2003.
- [3]. Stevenson, William D, Jr, "*Analisa System Tenaga Listrik*", Penerbit Erlangga edisi keempat, 1996.
- [4]. Wood, Allan J. and B. F. Wollenberg., "*Power Generation, Operation, and Control*", John Willey & Sons, Inc., 1996.
- [5]. Zuhal, "*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*", PT. Gramedia Utama, Jakarta, 1995.
- [6]. Ir. Djiteng Marsudi, "*Operasi Sistem tenaga Elektrik*", Balai Penerbit & Humas ISTN, 1990.
- [7]. Alammari, "*Fuzzy System Application For Identification Of Weak Buses in Power System*", Electrical Engineering Department University of Qatar, Qatar, 2002.



MaRch 2006

Vol 1, No. 1

\$ 10.00

# LAMPİRAN

created by krebet's

**Warning : This Paper Contains Adults Material, Copyright  
Proprietor Has Licensed the Material Contained in This Page's for  
non - Commercial use in private College only and Prohibits any  
other use, Copying, Reproduction, Public Performance, in whole or  
in part. All Right under Copyright Reserved**



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

Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257  
n : (031) 7882113, 7882114  
Pos : 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024  
E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

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

dr. No. : 258 /330/RJTB/2005  
an : ITN- 145 & 192/III.TA/2/2005  
: 1 ( satu ) Lampiran  
: Ijin survey

05 DEC 2005

Kepada

Yth. : Dekan Fakultas Teknik  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di  
MALANG.-

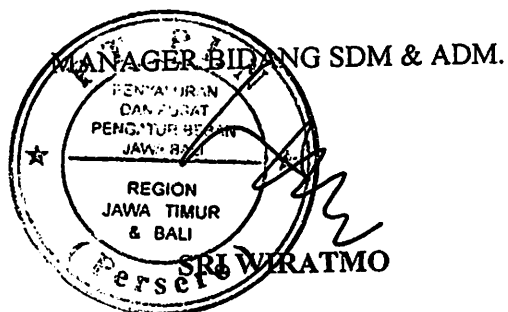
Menunjuk surat Saudara Nomor : ITN – 145 & 192/III.TA/2/2005 tanggal 06 Oktober 2005 Perihal : Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| - DONI FERIN HARINDRA | Nim : 01.12.053 |
| - MUHAMMAD UBAIDILLAH | Nim : 01.12.048 |

Untuk melakukan pengambilan data pada PT PLN ( Persero ) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang OPHAR RJTB, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 ( satu ) lembar bermaterai Rp. 6.000.-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan / ketentuan yang berlaku di PT PLN ( Persero ) P3B Region Jatim & Bali UPT Malang, 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.



Tembusan Yth. :

1. M.SDMO PLN P3B.
2. Doni Ferin Harindra Cs.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : DONI FERIN HARINDRA

Pria/ Wanita : PRIA

Tempat / Tanggal lahir : MADIUN, 26 APRIL 1983

Alamat / No. telepon : PERUMAHAN BUKIT CEMARA TIDAR B-57  
MALANG / 0341 585719

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 buku 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





## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika<sup>\*)</sup>

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                |       |                 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|
| 1 | Nama Mahasiswa : Ir. F. Yudi Limpraptono, MT                                                                                                                                                                                                                                      | Nim : 1039500274                                                                                                               |       |                 |
| 2 | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                        | Tanggal                                                                                                                        | Waktu | Tempat          |
|   | Pelaksanaan                                                                                                                                                                                                                                                                       | 29.09.2025                                                                                                                     | 12.00 | Ruang : SEMINAR |
| 3 | Spesifikasi judul <sup>**) :</sup><br>a. Sistem Tenaga Listrik<br>b. Energi & Konversi Energi<br>c. Tegangan Tinggi & Pengukuran<br>d. Sistem Kendali Industri<br>e. Elektronika & Komponen<br>f. Elektronika Digital & Komputer<br>g. Elektronika Komunikasi<br>h. lainnya ..... |                                                                                                                                |       |                 |
| 4 | Judul Proposal yang<br>diseminarkan<br>Mahasiswa                                                                                                                                                                                                                                  | ANALISA ECONOMIC DISPATCH<br>MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM<br>OPTIMIZATION PADA SALURAN TRANS-<br>MISI 150 KV SUBSTANSI MUJUR PAU |       |                 |
| 5 | Perubahan Judul yang<br>diusulkan oleh<br>Kelompok Dosen<br>Keahlian                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                |       |                 |
| 6 | Catatan : .....                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                |       |                 |
| 7 | Persetujuan Judul Skripsi :                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                |       |                 |
|   | Disetujui,<br>Dosen Keahlian I<br><br>Ir. WIDODO, PUDJI M., MT                                                                                                                                                                                                                    | Disetujui,<br>Dosen Keahlian II<br><br>Ir. EKO HURDIAHYO .....                                                                 |       |                 |
|   | Mengetahui,<br>Ketua Jurusan.<br><br>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT<br>Nip. Y. 1039500274                                                                                                                                                                                            | Disetujui,<br>Calon Dosen Pembimbing ybs.<br><br>Ir. CHOIRUL SALAH .....                                                       |       |                 |

Perhatian :

- <sup>\*)</sup> coret yang tidak perlu  
<sup>\*\*)</sup> dilingkari a, b, c, ..... atau g. sesuai bidang keahlian.



## LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika \*)

|   |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Nama Mahasiswa : DONI FERIN HARINDRA                                                                                                                                                                                                     | Nim : 01.12.053                                                                                                                                                                                                     |
| 2 | Waktu pengajuan                                                                                                                                                                                                                          | Tanggal : 29<br>Bulan : 08<br>Tahun : 2005                                                                                                                                                                          |
| 3 | Spesifikasi judul (berilah tanda silang)                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                     |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik<br><input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi<br><input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran<br><input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri | <input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen<br><input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer<br><input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi<br><input type="checkbox"/> h. lainnya ..... |
| 4 | Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :<br><i>Ir. Chaimul Saleh, MT</i>                                                                                                                                          | Mengetahui,<br>Ketua Jurusan.<br><br>Ir. F. Yudi Linpraptono, MT<br>Nip. Y. 1039500274                                                                                                                              |
| 5 | Judul yang diajukan mahasiswa :                                                                                                                                                                                                          | ANALISIS ECONOMIC DISPATCH / MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV SUB SISTEM PAITON - BALI.                                                                                        |
| 6 | Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                     |
| 7 | Catatan :<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                     |
|   | Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu                                                                                                                                                           | Disetujui, 31 Agustus, 2005...<br>Dosen<br>                                                                                                                                                                         |

### Perhatian :

- 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
- Keterangan : \*) coret yang tidak perlu  
\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g. sesuai bidang keahlian

Lampiran : 1 (satu) berkas  
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang  
MALANG

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Doni Ferin Harindra  
Nim : 01.12.053  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Energi Listrik

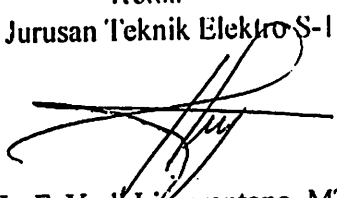
Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping \*), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**ANALISIS *ECONOMIC DISPATCH* MENGGUNAKAN  
*PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA SALURAN  
TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PATTON-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.

Malang, 12 September 2005

Ketua  
Jurusan Teknik Elektro S-1

  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP. 1039500274

Hormat Kami,



Doni Ferin Harindra

\*) coret yang tidak perlu

Form S-3a

## PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa /i :

Nama : Doni Ferin Harindra

Nim : 01. 12. 053

Semester : IX ( sembilan )

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia \*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

***ANALISIS ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM  
OPTIMIZATION PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM  
PAITON-BALI***

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 12 September 2005

Kami yang Membuat pernyataan,



**Ir. Choirul Saleh, MT**  
**NIP. 1018800190**

**Catatan**

Setelah disetujui agar formulir ini  
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan  
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.  
\*) Coret yang tidak perlu.



(PERSERO) MALANG  
K NIAGA MALANG

# 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

Malang, 3 Okt. 2005

Nomor : ITN-784/LTA/2/05  
Lampiran : satu lembar  
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **CHOIRUL SALEH, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
di -  
Malang

Dengan Hormat,  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi  
melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

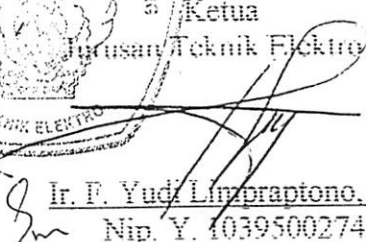
Nama : DONI FERIN II  
Nim : 0112053  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada saudara/i selama masa waktu 6 (enam) bulan terhitung mulai  
tanggal:

01 Okt. 2005 s/d 01 April 2006

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima  
kasih

Ketua  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Nip. Y. 1039500274

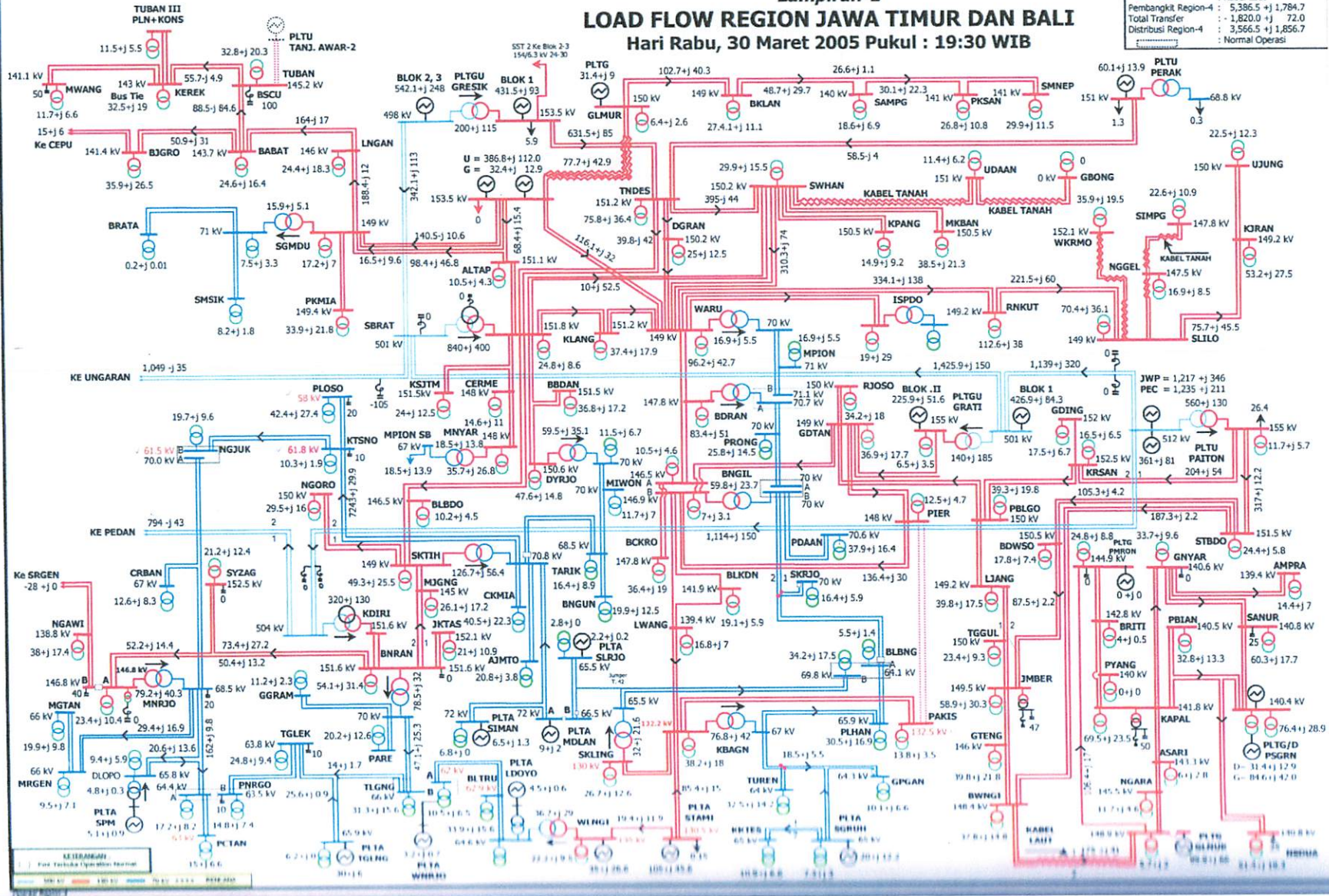
Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| -----               | : Rencana             |
| ~~~~~               | : Kabel Laut          |
| Pembangkit Region-4 | : 5,386.5 + j 1,784.7 |
| Total Transfer      | : - 1,820.0 + j 72.0  |
| Distribusi Region-4 | : 3,566.5 + j 1,856.7 |
| .....               | : Normal Operasi      |



LAMPIRAN IEEE – 30 BUS

Tabel 1<sup>71</sup>  
Data Generator Dan Koefisien Biaya IEEE 30

| No. Bus | a2      | a1   | a0 | Pmin (MW) | Pmax (MW) | Qmin (MVAR) | Qmax (MVAR) |
|---------|---------|------|----|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1       | 0.00375 | 5.00 | 0  | 50        | 200       | -20         | 150         |
| 2       | 0.01750 | 3.75 | 0  | 20        | 80        | -20         | 60          |
| 5       | 0.06250 | 4.00 | 0  | 15        | 50        | -15         | 62.5        |
| 8       | 0.00834 | 5.25 | 0  | 10        | 35        | -15         | 50          |
| 11      | 0.02500 | 5.00 | 0  | 10        | 30        | -10         | 40          |
| 13      | 0.02500 | 4.00 | 0  | 12        | 40        | -15         | 45          |

Tabel 2<sup>71</sup>  
Data Bus IEEE 30

| No. Bus | Tegangan       |             | Pembangkitan |                | Pembebanan |                |
|---------|----------------|-------------|--------------|----------------|------------|----------------|
|         | Magnitude (pu) | Sudut (deg) | Aktif (MW)   | Reaktif (MVAR) | Aktif (MW) | Reaktif (MVAR) |
| 1       | 1.05           | 0           | 138.63       | 3.13           | 0          | 0              |
| 2       | 1.03           | 0           | 57.56        | 13.75          | 21.7       | 12.7           |
| 3       | 1              | 0           | 0            | 0              | 2.4        | 1.2            |
| 4       | 1              | 0           | 0            | 0              | 7.6        | 1.6            |
| 5       | 1.01           | 0           | 24.56        | 26.88          | 94.2       | 19             |
| 6       | 1              | 0           | 0            | 0              | 0          | 0              |
| 7       | 1              | 0           | 0            | 0              | 22.8       | 10.9           |
| 8       | 1.02           | 0           | 35           | 48.89          | 30         | 30             |
| 9       | 1              | 0           | 0            | 0              | 0          | 0              |
| 10      | 1              | 0           | 0            | 0              | 5.8        | 2              |
| 11      | 1.05           | 0           | 17.93        | 7.53           | 0          | 0              |
| 12      | 1              | 0           | 0            | 0              | 11.2       | 7.5            |
| 13      | 1.05           | 0           | 16.91        | 14.65          | 0          | 0              |
| 14      | 1              | 0           | 0            | 0              | 6.2        | 1.6            |
| 15      | 1              | 0           | 0            | 0              | 8.2        | 2.5            |
| 16      | 1              | 0           | 0            | 0              | 3.5        | 1.8            |
| 17      | 1              | 0           | 0            | 0              | 9          | 5.8            |
| 18      | 1              | 0           | 0            | 0              | 3.2        | 0.9            |
| 19      | 1              | 0           | 0            | 0              | 9.5        | 3.4            |
| 20      | 1              | 0           | 0            | 0              | 2.2        | 0.7            |
| 21      | 1              | 0           | 0            | 0              | 17.5       | 11.2           |
| 22      | 1              | 0           | 0            | 0              | 0          | 0              |

|    |   |   |   |   |      |     |
|----|---|---|---|---|------|-----|
| 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.2  | 1.6 |
| 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8.7  | 6.7 |
| 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0    | 0   |
| 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.5  | 2.3 |
| 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0    | 0   |
| 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0    | 0   |
| 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.4  | 0.9 |
| 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10.6 | 1.9 |

Tabel 3<sup>71</sup>  
Data Saluran Impedansi IEEE 30

| No. Saluran | Hubungan Bus | R (pu) | X (pu) | B (pu) |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|
| 1           | 1-2          | 0.0192 | 0.0575 | 0.0264 |
| 2           | 1-3          | 0.0452 | 0.1852 | 0.0204 |
| 3           | 2-4          | 0.057  | 0.1737 | 0.0184 |
| 4           | 3-4          | 0.0132 | 0.0379 | 0.0042 |
| 5           | 3-5          | 0.0472 | 0.1983 | 0.0209 |
| 6           | 2-6          | 0.0581 | 0.1763 | 0.0187 |
| 7           | 4-6          | 0.0119 | 0.0414 | 0.0045 |
| 8           | 5-7          | 0.046  | 0.0102 | 0.0102 |
| 9           | 6-7          | 0.0267 | 0.082  | 0.0085 |
| 10          | 6-8          | 0.012  | 0.042  | 0.0045 |
| 11          | 6-9          | 0.000  | 0.208  | 0.0000 |
| 12          | 6-10         | 0.000  | 0.556  | 0.0000 |
| 13          | 9-11         | 0.000  | 0.208  | 0.0000 |
| 14          | 9-10         | 0.000  | 0.11   | 0.0000 |
| 15          | 4-12         | 0.000  | 0.256  | 0.0000 |
| 16          | 12-13        | 0.000  | 0.14   | 0.0000 |
| 17          | 12-14        | 0.1231 | 0.2559 | 0.0000 |
| 18          | 12-15        | 0.0602 | 0.1304 | 0.0000 |
| 19          | 12-16        | 0.0945 | 0.1987 | 0.0000 |
| 20          | 14-15        | 0.221  | 0.1997 | 0.0000 |
| 21          | 16-17        | 0.0824 | 0.1932 | 0.0000 |
| 22          | 15-18        | 0.107  | 0.2185 | 0.0000 |
| 23          | 18-19        | 0.0639 | 0.1292 | 0.0000 |
| 24          | 19-20        | 0.034  | 0.068  | 0.0000 |
| 25          | 10-20        | 0.0936 | 0.209  | 0.0000 |
| 26          | 10-17        | 0.0324 | 0.0845 | 0.0000 |
| 27          | 10-21        | 0.0348 | 0.0749 | 0.0000 |
| 28          | 10-22        | 0.0727 | 0.1499 | 0.0000 |
| 29          | 21-22        | 0.0116 | 0.0236 | 0.0000 |
| 30          | 15-23        | 0.1    | 0.202  | 0.0000 |

|    |       |        |        |        |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 31 | 22-24 | 0.115  | 0.179  | 0.0000 |
| 32 | 23-24 | 0.132  | 0.27   | 0.0000 |
| 33 | 24-25 | 0.1885 | 0.3292 | 0.0000 |
| 34 | 25-26 | 0.2544 | 0.38   | 0.0000 |
| 35 | 25-27 | 0.1093 | 0.2087 | 0.0000 |
| 36 | 28-27 | 0      | 0.396  | 0.0000 |
| 37 | 27-29 | 0.2198 | 0.4153 | 0.0000 |
| 38 | 27-30 | 0.3202 | 0.6027 | 0.0000 |
| 39 | 29-30 | 0.2399 | 0.4533 | 0.0000 |
| 40 | 8-28  | 0.0636 | 0.2    | 0.0210 |
| 41 | 6-28  | 0.0169 | 0.0599 | 0.0065 |

[illegible]

|   |        |        |   |     |        |            |                         |      |      | (3)  | (4)  | (5)  | (12)=6*(3) | (13)=(7)*(3) | (14)=(6)+(12)+(13) | (15)=(14)*(A)+1.737/1000 |        |        |          |
|---|--------|--------|---|-----|--------|------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------------|--------------|--------------------|--------------------------|--------|--------|----------|
|   |        |        |   |     |        |            |                         |      |      |      |      |      |            |              |                    |                          |        |        |          |
|   |        |        |   |     |        |            |                         |      |      |      |      |      |            |              |                    |                          |        |        |          |
| 1 | PITON7 | GRAT17 | 1 | 500 | 55.433 | GANNET     | 4x392.8                 | 2300 | 2000 | 2000 |      |      |            |              |                    |                          |        |        |          |
| 1 | PITON7 | GRAT17 | 2 | 500 | 55.433 | GANNET     | 4x392.8                 | 2600 | 2000 | 2000 |      |      |            |              |                    |                          |        |        |          |
| 1 | BNGIL5 | GDTAN5 | 1 | 150 | 16.805 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1500 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0008                   | 0.0090 | 0.8134 | 2.209.20 |
| 1 | BNGIL5 | GDTAN5 | 2 | 150 | 16.805 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1500 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | -0.0088                  | 0.0299 | 0.0108 | 192.2520 |
| 1 | BNGIL5 | BDRAN5 | 1 | 150 | 9.800  | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1600 | 1600 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0051                   | 0.0174 | 0.0063 | 192.2520 |
| 1 | BNGIL5 | WAR 15 | 1 | 150 | 9.800  | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1600 | 1600 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0051                   | 0.0174 | 0.0063 | 192.2520 |
| 1 | BNGIL5 | PIER5  | 1 | 150 | 5.150  | ACSR ZEBRA | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1620 | 2000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0009                   | 0.0064 | 0.0047 | 420.8760 |
| 1 | BNGIL5 | PIER5  | 2 | 150 | 5.150  | ACSR ZEBRA | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1620 | 2000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0009                   | 0.0064 | 0.0047 | 420.8760 |
| 1 | BNGIL5 | BCKROS | 1 | 150 | 6.200  | ACSR ZEBRA | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1620 | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0011                   | 0.0077 | 0.0056 | 420.8760 |
| 1 | BNGIL5 | BCKROS | 2 | 150 | 6.200  | ACSR ZEBRA | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1620 | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0011                   | 0.0077 | 0.0056 | 420.8760 |
| 1 | BNGIL5 | PNMASS | 1 | 150 | 27.770 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1500 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0145                   | 0.0494 | 0.0178 | 192.2520 |
| 1 | BNGIL5 | LWANGS | 1 | 150 | 34.660 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1500 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0181                   | 0.0617 | 0.0223 | 192.2520 |
| 1 | GDTAN5 | RJOSOS | 1 | 150 | 10.487 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 800  | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0055                   | 0.0187 | 0.0067 | 192.2520 |
| 1 | GDTAN5 | RJOSOS | 2 | 150 | 10.487 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 800  | 1250 | 1250 | 0.0686     | 0.3860       | 2.9650             | 0.0041                   | 0.0180 | 0.0070 | 192.2520 |
| 1 | PIER5  | GRAT15 | 1 | 150 | 31.935 | TACSR      | 410 mm <sup>2</sup>     | 1620 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0055                   | 0.0398 | 0.0289 | 420.8760 |
| 1 | PIER5  | GRAT15 | 2 | 150 | 31.935 | TACSR      | 410 mm <sup>2</sup>     | 1620 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387     | 0.2807       | 4.0230             | 0.0055                   | 0.0398 | 0.0289 | 420.8760 |
| 1 | PBLGOS | GDTAN5 | 1 | 150 | 33.827 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 800  | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0176                   | 0.0602 | 0.0217 | 192.2520 |
| 1 | PBLGOS | GDTAN5 | 2 | 150 | 33.827 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 800  | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0176                   | 0.0602 | 0.0217 | 192.2520 |
| 1 | PBLGOS | LJANGS | 1 | 150 | 51.692 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 600  | 600  | 800  | 800  | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0269                   | 0.0920 | 0.0332 | 192.2520 |
| 1 | PBLGOS | LJANGS | 2 | 150 | 51.692 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 600  | 600  | 800  | 800  | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0269                   | 0.0920 | 0.0332 | 192.2520 |
| 1 | KRSAN5 | PBLGOS | 1 | 150 | 30.239 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0158                   | 0.0538 | 0.0194 | 192.2520 |
| 1 | KRSAN5 | PBLGOS | 2 | 150 | 30.239 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0158                   | 0.0538 | 0.0194 | 192.2520 |
| 1 | KRSAN5 | GDINGS | 1 | 150 | 19.137 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 400  | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0100                   | 0.0340 | 0.0121 | 192.2520 |
| 1 | PITON5 | KRSAN5 | 1 | 150 | 20.204 | ACSR AW    | 330 mm <sup>2</sup>     | 740  | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172     | 0.4003       | 2.8530             | 0.0105                   | 0.0359 | 0.0130 | 192.2520 |

# DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

| Jml<br>Sirkuit | Dari | Ke | No.<br>Sirkuit | Data Penghantar : |            |       | I Nom |     |    | Iap Wl |    | R<br>(Ohm/km) | X<br>(Ohm/km) | B<br>(MVA/km) | R pu<br>(Ohm) | X pu<br>(Ohm) | B pu<br>(MVA) | U <sub>0</sub><br>(kVA) |
|----------------|------|----|----------------|-------------------|------------|-------|-------|-----|----|--------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|
|                |      |    |                | Teg (kV)          | Jarak (Km) | Jenis | (Amp) | Exp | Ke | Dari   | Ke |               |               |               |               |               |               |                         |

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(12)=(5) x (10)

(13)=(7) x (10)

(14)=(3) x (V<sub>0</sub>)<sup>2</sup> / 100.1975

(15)=(11) x (A) x 1.732 / 1000

## 6. UPT Probolinggo

|   |        |        |   |     |        |              |                         |      |      |      |      |      |        |        |         |         |        |        |          |
|---|--------|--------|---|-----|--------|--------------|-------------------------|------|------|------|------|------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|----------|
| 1 | PITONS | KRSANS | 2 | 150 | 20.204 | ACSR AW      | 330 mm <sup>2</sup>     | 710  | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | 0.1172 | 0.4003 | 2.8530  | 0.0105  | 0.0359 | 0.0130 | 192.2520 |
| 1 | PITONS | STBOOS | 1 | 150 | 55.433 | ACSR ZEBRA   | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1500 | 2000 | 2000 | 1250 | 1250 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230  | 0.0095  | 0.0692 | 0.0502 | 415.8550 |
| 1 | PITONS | STBOOS | 2 | 150 | 55.433 | ACSR ZEBRA   | 2 x 435 mm <sup>2</sup> | 1500 | 2000 | 2000 | 1250 | 1250 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230  | 0.0095  | 0.0692 | 0.0502 | 415.8550 |
| 1 | BNGIL4 | GDTAN4 | 1 | 70  | 4.452  | ACSR OSTRICH | 300 MCM                 | 440  |      |      |      |      |        |        | #DIV/0! | #DIV/0! |        |        | 53.3456  |
| 1 | BNGIL4 | GDTAN4 | 2 | 70  | 4.452  | ACSR OSTRICH | 300 MCM                 | 440  |      |      |      |      |        |        | #DIV/0! | #DIV/0! |        |        | 48.4950  |
| 1 | BNGIL4 | PDAAN4 | 1 | 70  | 9.700  | ACSR OSTRICH | 300 MCM                 | 440  | 250  | 400  |      |      | 0.2180 | 0.3850 | 2.972   | 0.0432  | 0.0762 | 0.0014 | 53.3456  |
| 1 | BNGIL4 | PDAAN4 | 2 | 70  | 9.700  | ACSR OSTRICH | 300 MCM                 | 440  | 250  | 400  | 800  | 800  | 0.2180 | 0.3850 | 2.972   | 0.0432  | 0.0762 | 0.0014 | 53.3456  |
| 1 | BNGIL4 | BDRAN4 | 1 | 70  | 11.700 | ACSR PIPER   | 300 MCM                 | 440  | 400  | 400  | 400  | 400  | 0.2180 | 0.3850 | 2.972   | 0.0521  | 0.0919 | 0.0017 | 53.3456  |
| 1 | BNGIL4 | PRONG4 | 1 | 70  | 11.700 | ACSR PIPER   | 300 MCM                 | 440  | 400  | 400  | 400  | 400  | 0.2180 | 0.3850 | 2.972   | 0.0521  | 0.0919 | 0.0017 | 53.3456  |
| 1 | BNGIL4 | BLBNG4 | 1 | 70  | 40.000 | ACSR PIGEON  | 3/0 AWG                 | 300  | 200  | 200  | 800  | 800  | 0.3053 | 0.3584 | 3.202   | 0.2492  | 0.2926 | 0.0063 | 36.3720  |
| 1 | BNGIL4 | BLBNG4 | 2 | 70  | 40.000 | ACSR PIGEON  | 3/0 AWG                 | 300  | 200  | 200  | 400  | 800  | 0.3053 | 0.3584 | 3.202   | 0.2492  | 0.2926 | 0.0063 | 36.3720  |

Modifikasi TL Bay Grati - Pier 1 sirkuit menjadi (Grati - Gdtan - Pier) dan Probolinggo - Gondangwelan 1 sirkuit menjadi (Pblgo - Grati - Gdtan)

|   |        |        |   |     |        |       |                     |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |          |
|---|--------|--------|---|-----|--------|-------|---------------------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | GRATIS | GDTANS | 1 | 150 | 10.743 | TACSR | 410 mm <sup>2</sup> | 2800 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230 | 0.0018 | 0.0134 | 0.0097 | 727.4400 |
| 1 | GRATIS | GDTANS | 2 | 150 | 10.743 | TACSR | 410 mm <sup>2</sup> | 2800 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230 | 0.0018 | 0.0134 | 0.0097 | 727.4400 |
| 1 | GDTANS | PIERS  | 1 | 150 | 21.183 | TACSR | 410 mm <sup>2</sup> | 2800 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230 | 0.0036 | 0.0264 | 0.0192 | 727.4400 |
| 1 | GDTANS | PIERS  | 2 | 150 | 21.183 | TACSR | 410 mm <sup>2</sup> | 2800 | 1000 | 1000 | 1250 | 2000 | 0.0387 | 0.2807 | 4.0230 | 0.0036 | 0.0264 | 0.0192 | 727.4400 |









# Listing Program *Particle Swarm Optimization*

unit uMenu;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, ComCtrls, StdCtrls, ExtCtrls;

type

TfrmMenu = class(TForm)

Panel1: TPanel;

btnNew: TButton;

btnOpen: TButton;

btnExit: TButton;

StatusBar1: TStatusBar;

Panel2: TPanel;

OpenDialog1: TOpenDialog;

procedure btnExitClick(Sender: TObject);

procedure btnNewClick(Sender: TObject);

procedure btnOpenClick(Sender: TObject);

private

{ Private declarations }

public

{ Public declarations }

end;

var

frmMenu: TfrmMenu;

implementation

uses uInputLFChild, uComplex, uUtils, uLoadflow, uHasil;

procedure TfrmMenu.btnExitClick(Sender: TObject);

begin

Application.Terminate;

end;

procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);

begin

try

if frmInput=nil then

begin

frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);

end;

frmInput.Caption:='Input Data';

frmInput.btnNext.Caption:='&Save';

```

    frmInput.ShowModal;
finally
    frmInput.Free;
end;
end;

```

```

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);
var NamaFile,Nama:string;
    output:TextFile;
    i,j,Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;
    Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length:double;
    R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase,dia:double;
begin
    try
        if OpenFileDialog1.Execute then
            begin
                NamaFile:=OpenFileDialog1.FileName;
                AssignFile(output,NamaFile);
                Reset(output);
                Readln(output,Nbus);
                Readln(output,Nsal);
                Readln(output,Vbase);
                Readln(output,VKonst);
                Readln(output,Pbase);
                Readln(output,PKonst);
                Readln(output,param);
                gParamLF.Vbase:=Vbase;
                gParamLF.VKonst:=VKonst;
                gParamLF.Pbase:=Pbase;
                gParamLF.PKonst:=PKonst;
                if Param=1 then
                    begin
                        gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
                    end
                else if Param=2 then
                    begin
                        gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
                    end;
                gParamLF.MaxIterasi:=15;
                gParamLF.Toleransi:=0.0001;
            try
                frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
                frmInput.edtNbus.Text:=IntToStr(Nbus);
                frmInput.edtNsal.Text:=IntToStr(Nsal);
                frmInput.edtVbase.Text:=FloatToStr(Vbase);
                if VKonst=1 then
                    begin
                        frmInput.cmbVKonst.Text:='V';
                    end
                end
            end
        end
    end
end;

```

```

end
else if VKonst=1000 then
begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='kV';
end
else if VKonst=1000000 then
begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='MV';
end;
frmInput.edtPbase.Text:=FloatToStr(Pbase);
if PKonst=1 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='VA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
end
else if PKonst=1000 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='kVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (kVA)';
end
else if PKonst=1000000 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='MVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (MVA)';
end;
if param=1 then
begin
    frmInput.cmbParam.Text:='pu';
    frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (pu)';
    frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (pu)';
    frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (pu)';
    frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
end
else if param=2 then
begin
    frmInput.cmbParam.Text:='ohm';

```

```

    frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (ohm)';
    frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (ohm)';
    frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (ohm)';
    frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (ohm)';
end;
SetLength(gBus,Nbus);
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
    Readln(output,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,Cap,Typ);
    gBus[i].absV:=absV;
    gBus[i].sudV:=sudV;
    gBus[i].Pgen:=Pg;
    gBus[i].Qgen:=Qg;
    gBus[i].PL:=PL;
    gBus[i].QL:=QL;
    gBus[i].Cap:=Cap;
    gBus[i].typeBus:=Typ;
    frmInput.fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    frmInput.fgBus.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(absV);
    frmInput.fgBus.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(sudV);
    frmInput.fgBus.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(Pg);
    frmInput.fgBus.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(Qg);
    frmInput.fgBus.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(PL);
    frmInput.fgBus.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(QL);
    frmInput.fgBus.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Cap);
    frmInput.fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(typ);
end;
SetLength(gBranch,Nsal);
for i:=0 to Nsal-1 do
begin
    Readln(output,dari,ke,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal);
    gBranch[i].dari:=dari;
    gBranch[i].ke:=ke;
    gBranch[i].R:=R;
    gBranch[i].X:=X;
    gBranch[i].Lc:=Lc;
    gBranch[i].Tr:=Tr;
    gBranch[i].Tu:=Tu;
    gBranch[i].Su:=Su;
    gBranch[i].KapSal:=CapSal;
    frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
    frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
    frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
    frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
    frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
    frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
    frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);

```

```

frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);
frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen<0 then
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
SetLength(gGenLF,Ngen);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
gGenLF[i].bus:=dari;
gGenLF[i].Qmin:=R;
gGenLF[i].Qmax:=X;
gGenLF[i].a2:=Lc;
gGenLF[i].a1:=Tr;
gGenLF[i].a0:=Tu;
gGenLF[i].FixCost:=Su;
gGenLF[i].VarCost:=CapSal;
gGenLF[i].Pmin:=Pmin;
gGenLF[i].Pmax:=Pmax;
frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenLF[i].bus);
frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmax,2);
frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a2,5);
frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a1,5);
frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a0,5);
frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].FixCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].VarCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmax,2);
end;
end
else
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
CloseFile(output);
frmInput.Caption:='Tampilan Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
frmInput.ShowModal;
finally
frmInput.Free;
end;
end;

```





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

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : DONI FERIN HARINDRA  
N.I.M. : 01.12.053  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH*  
MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM*  
*OPTIMIZATION* PADA SALURAN TRANSMISI  
150 kV SUB SISTEM PAITON – BALI

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

Hari : Sabtu  
Tanggal : 18 Maret 2006  
Dengan Nilai : 79,15 (B+)



( Ir. Mochtar Asroni, MSME )

Ketua

Panitia Ujian

(Ir. F Yudi Limpraptomo, MT)

Sekretaris

Anggota Penguji

( Ir. H. Taufik Hidayat, MT )

Penguji Pertama

(Irrine Budi S, ST, MT)

Penguji Kedua



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

### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang Strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 18 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : DONI FERIN HARINDRA
2. NIM : 01.12.053
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH*  
MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*  
PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM  
PAITON – BALI

Perbaikan Meliputi :

| No | Materi Perbaikan                                           | Ket       |
|----|------------------------------------------------------------|-----------|
| 1  | Perhitungan R,X,B                                          | <i>He</i> |
| 2  | Tabel 4.6 dan seterusnya diberi penjelasan asal usulnya    | <i>He</i> |
| 3  | Kesimpulan poin 1 terlalu panjang                          | <i>He</i> |
| 4  | Tabel 4.15 tidak boleh putus                               | <i>He</i> |
| 5  | Judul grafik di atas gambar grafik                         | <i>He</i> |
| 6  | Catatan kaki ada pada judul gambar bukan pada nomor gambar | <i>He</i> |
| 7  | Flowchart hal 40, 41 dan 42 diperbaiki                     | <i>He</i> |

### Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. H. Taufik Hidayat, MT)

Penguji Kedua

(Irrine Budi S, ST, MT)

Dosen Pembimbing

(Ir. Choirul Saleh, MT)



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

---

### LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : DONI FERIN HARINDRA  
2. NIM : 01.12.053  
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1  
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
5. Judul Skripsi : ANALISIS *ECONOMIC LOAD DISPATCH* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PAITON – BALI  
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 1 Oktober 2005  
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 18 Maret 2006  
8. Dosen Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT.  
9. Telah Dievaluasikan Dengan Nilai : 85.00 (Delapan Puluh Lima)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Ir. Choirul Saleh, MT  
NIP. 101 8800 190



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : DONI FERIN HARINDRA  
Nim : 01.12.053  
Masa Bimbingan : 1 Oktober 2005 s/d 1 April 2006  
Judul Skripsi : Analisis *Economic Load Dispatch* Menggunakan  
*Particle Swarm Optimization* Pada Saluran  
Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton - Bali

| No  | Tanggal       | Uraian                                | Paraf Pembimbing |
|-----|---------------|---------------------------------------|------------------|
| 1.  | 17 - 1 - 2006 | Acc. Bab I : Perbaiki batasan masalah |                  |
| 2.  | 17 - 1 - 2006 | Acc. Bab II : Teori Dasar (penunjang) |                  |
| 3.  | 17 - 1 - 2006 | Bab III : Di revisi                   |                  |
| 4.  | 17 - 1 - 2006 | Bab IV : Data dan analisa             |                  |
| 5.  | 20 - 1 - 2006 | Acc. Seminar hasil                    |                  |
| 6.  | 6 - 3 - 2006  | Acc. Kompre                           |                  |
| 7.  |               |                                       |                  |
| 8.  |               |                                       |                  |
| 9.  |               |                                       |                  |
| 10. |               |                                       |                  |

Malang, Maret 2006  
Dosen Pembimbing,

( Ir. Choirul Saleh, MT )

Form.S-4b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Dini Feri G.  
NIM : 9112053.  
Perbaikan meliputi :

- Perhitungan R, X, B pada bus 56-57 sudah ada
- Tabel 4-5 dst, ingin penjelasan dan hasil yg

Malang,

(  )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Dori Prim G.  
NIM : 0112053  
Perbaikan meliputi :

- Lembar point ① terlalu panjang, lengkapi  
saya. Hasil di bulatkan di tabel bul 11
- tabel 4.14 ke tabel 4.15
- Judul grafik status grafik. (font beda & resolusi)
- catatlah hasil ada pd judul gbr / tabel bul 11  
nomor gbr 1
- floorplan hasil 40 di perbaiki:
- " " " 41 " "
- " " " 42 " "

Malang, 18 Maret 06

(Dori Prim G, ST, MT)