

**ANALISIS PERENCANAAN KETERJAMINAN
ALIRAN DAYA DAN BIAYA PRODUKSI
PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017**

TESIS

Oleh:

ADI PURWANTO

06 06 00 30 64



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**ANALISIS PERENCANAAN KETERJAMINAN
ALIRAN DAYA DAN BIAYA PRODUKSI
PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017**

TESIS

Oleh:

ADI PURWANTO

06 06 00 30 64



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul:

ANALISIS PERENCANAAN KETERJAMINAN ALIRAN DAYA DAN BIAYA PRODUKSI PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Kekhususan Teknik Tenaga Listrik Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 05 Juni 2008

Adi Purwanto
06 06 00 30 64

PENGESAHAN

Tesis dengan judul:

**ANALISA PERENCANAAN KETERJAMINAN ALIRAN DAYA DAN BIAYA
PRODUKSI PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Kekhususan Teknik Tenaga Listrik Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 29 Mei 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 05 Juni 2008

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II:

Dosen Pembimbing I

Ir. Agus R. Utomo, MT

Dr. Ir. Uno Bintang Sudibyo

UCAPAN TERIMA KASIH

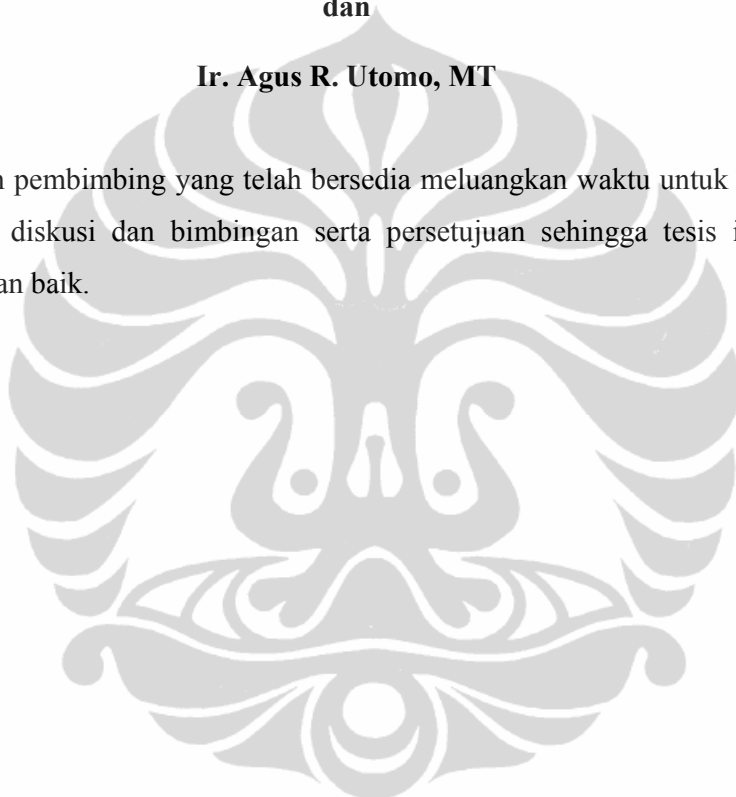
Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Dr. Ir. Uno Bintang Sudiby, DEA.

dan

Ir. Agus R. Utomo, MT

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.



Adi Purwanto
NPM 0606003064
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir Uno Bintang Sudiby, DEA
Ir. Agus R. Utomo, MT

**ANALISIS PERENCANAAN KETERJAMINAN ALIRAN DAYA DAN
BIAYA PRODUKSI PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017**

ABSTRAK

Sasaran pengoperasian sistem tenaga listrik adalah kualitas, ekonomi dan keandalan. Untuk mencapai sasaran tersebut, pengembangan sistem harus didukung perencanaan yang baik untuk menghindari timbulnya kendala-kendala yang dapat mempengaruhi kualitas daya dan biaya produksi.

Untuk mendapatkan sistem tenaga listrik Bali yang berkualitas, ekonomis dan handal, PLN Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) Jawa Bali telah menyusun Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tahun 2008-2017. Rencana tersebut adalah pembangunan PLTU batubara untuk menggantikan pembangkit BBM seperti, PLTU Bali Utara 3x130 MW yang direncanakan mulai dioperasikan tahun 2010 dan PLTU Bali Timur 2x100 MW yang direncanakan mulai dioperasikan tahun 2011. Selain itu juga akan dibangun Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV Paiton-Kapal yang direncanakan dioperasikan tahun 2016 untuk meningkatkan transfer daya dari Jawa.

Studi aliran daya dan biaya produksi pada rencana tersebut menunjukkan bahwa kualitas tegangan pada tahun 2010 dan 2013 sampai 2015 ada dibawah level 142.5 kV jika PLTG Pesanggaran tidak dioperasikan, sementara pengoperasian PLTG Pesanggaran akan membuat biaya produksi naik 42.91% dibandingkan dengan biaya produksi tahun 2011 dan 2012.

Dalam tesis ini dilakukan modifikasi rencana PLN dalam beberapa skenario untuk memperoleh sistem kelistrikan Bali dengan kualitas tegangan yang sesuai standar aturan jaringan dan biaya produksi yang ekonomis. Dari modifikasi rencana PLN dalam skenario 2, yaitu menambah kapasitas kabel laut dari 2x105 MW menjadi 4x105 MW tahun 2009, mempercepat pengoperasian PLTU Bali Timur tahun 2010 dan menambah kapasitasnya menjadi 2x130 MW serta mempercepat pengoperasian SUTET 500 kV Paiton-Kapal tahun 2012, sehingga meningkatkan kualitas tegangan dan menurunkan biaya produksi dibandingkan dengan rencana PLN.

Kata kunci: Keterjaminan aliran daya Biaya produksi

Adi Purwanto
NPM 0606003064
Electrical Engineering Department

Counsellor
Dr. Ir Uno Bintang Sudiby, DEA
Ir. Agus R. Utomo, MT

**POWER-FLOWS SECURITY AND PRODUCTION COSTS PLANNING
ANALYSIS OF PLN BALI SUB REGION IN THE YEAR 2008-2017**

ABSTRACT

Power System Operation goals are quality, economic and reliability. To reach the goal, system development must be supported by good planning to avoid any constraint which can influence power quality and production cost.

To get Bali electricity with good quality, reliable and economic, PLN P3B has compiled Electric power Supply Business Plan (RUPTL) in the year 2008-2017. The plan is develop coal fired steam generator to replace the oil fired ones, there are North Bali steam power plant 3x130 MW planned starts operation in the year 2010 and East Bali steam power plant 2x100 MW planned starts operation the year 2011. Besides that, PLN also will built Extra High Voltage Transmission Lines (EHV) 500 kV Paiton-Kapal planned operation in the year 2016 to increase energy transfer from Java.

Load Flow and production cost study of the PLN's plan shows that the voltage quality in the year 2010 and 2013 to 2015 stays under the level of 142.5 kV if the Pesanggaran gas turbine was not operated, whereas operation of Pesanggaran gas turbine will increase production cost with 42.91% compared to the production cost in the year 2011 and 2012.

In this thesis done modification of the PLN's plan using several scenarios is done to a obtain system with voltage quality appropriate to gridcode standard with economic production cost. From the modification of PLN's plan in scenario 2, adding a 2x105 MW under sea cable to become a 4x105 MW line in the year 2009, accelerate the operation of East Bali steam power plant in the year 2010 and add it capacities became 2x130 MW and accelerate the operation of 500 kV EHV Paiton-Kapal in the year 2012, thereby increasing voltage quality and decreasing production cost compared to than PLN's plan.

Key words: Production cost, security power-flow

DAFTAR ISI

Halaman

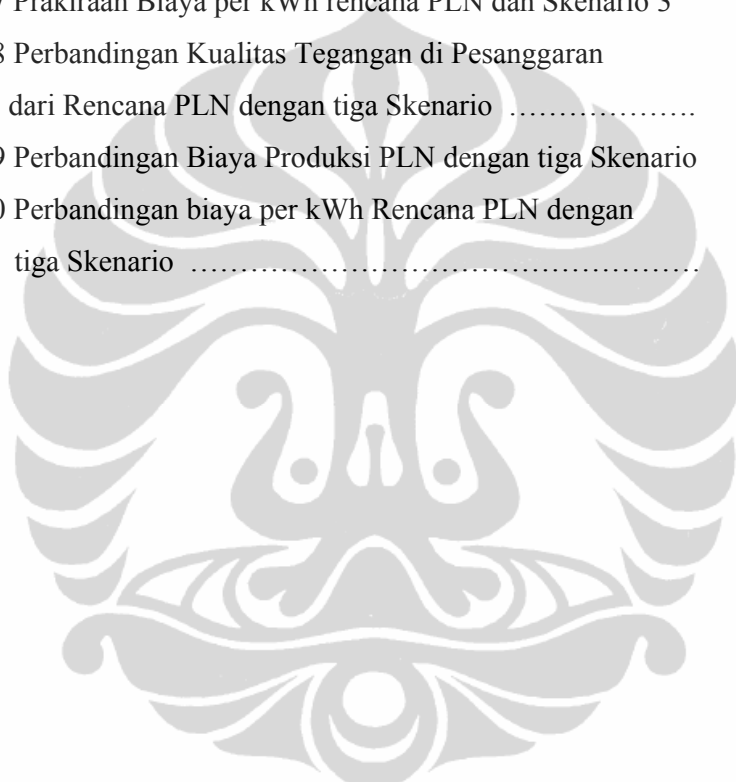
| | |
|---|------|
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR SINGKATAN | xiii |
| DAFTAR ISTILAH | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 TUJUAN PENULISAN..... | 2 |
| 1.3 METODOLOGI..... | 3 |
| 1.4 BATASAN MASALAH..... | 4 |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN..... | 4 |
| BAB II KERANGKA TEORI | 5 |
| 2.1 PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK..... | 7 |
| 2.1.1 Kurva Masukan Keluaran | 7 |
| 2.1.2 Biaya Produksi Pembangkit..... | 9 |
| 2.1.3 Kendala Pembangkit Termal..... | 10 |
| 2.2 PENYALURAN TENAGA LISTRIK..... | 10 |
| 2.2.1 Studi Aliran Daya..... | 11 |
| 2.2.2 Metode Newton Raphson..... | 13 |
| 2.3 PENGIRIMAN EKONOMIS ^[2] | 15 |
| 2.3.1 Kendala Transmisi | 16 |
| 2.3.2 Kendala Keterjaminan Pengiriman Daya..... | 17 |
| BAB III SISTEM TENAGA LISTRIK SUB REGION BALI TAHUN 2008- 2017..... | 18 |
| 3.1. GAMBARAN UMUM | 18 |
| 3.1.1. Pembangkitan..... | 19 |
| 3.1.2. Penyaluran..... | 20 |
| 3.1.3. Karakteristik Beban..... | 20 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1.4. | Pola Operasi | 21 |
| 3.2. | RENCANA PENGEMBANGAN SISTEM..... | 22 |
| 3.2.1. | Penambahan Pembangkit Tahun 2008 – 2017 | 23 |
| 3.2.2. | Pengembangan Sistem Penyaluran Tahun 2008 – 2017 | 24 |
| 3.2.3. | Neraca Daya | 25 |
| BAB IV | STUDI KETERJAMINAN ALIRAN DAYA DAN BIAYA PRODUKSI PLN SUB REGION BALI TAHUN 2008-2017..... | 26 |
| 4.1. | DATA DATA YANG DIPERLUKAN | 26 |
| 4.2. | PROSES SIMULASI | 28 |
| 4.3. | HASIL SIMULASI RENCANA PLN TAHUN 2008-2017..... | 29 |
| 4.3.1. | Kondisi tegangan..... | 29 |
| 4.3.2. | Biaya Produksi..... | 31 |
| 4.4. | ANALISA HASIL SIMULASI RENCANA PLN..... | 33 |
| 4.5. | SKENARIO PENGUATAN SISTEM SRB | 36 |
| 4.5.1. | Skenario 1 | 38 |
| 4.5.2. | Skenario 2 | 41 |
| 4.5.3. | Skenario 3 | 45 |
| 4.5.4. | Perbandingan Rencana PLN dengan Tiga Skenario | 49 |
| BAB V | KESIMPULAN | 52 |
| | DAFTAR ACUAN | 54 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 56 |
| | LAMPIRAN..... | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Bagan Sistem Tenaga Listrik | 5 |
| Gambar 2.2 Sasaran Operasi Sistem Tenaga Listrik | 6 |
| Gambar 2.3. Kurva masukan keluaran pembangkit listrik termal | 8 |
| Gambar 2.4. Kurva masukan keluaran pembangkit listrik hidro | 8 |
| Gambar 2.5 N buah unit thermal yang melayani beban P_{load} | 15 |
| Gambar 3.1 Topologi Jaringan Sub Region Bali | 18 |
| Gambar 3.2 Kontribusi pasokan Energi di Bali sampai September 2007 | 20 |
| Gambar 3.3 Kurva beban harian Sub Region Bali | 21 |
| Gambar 3.4 Prakiraan beban puncak SRB tahun 2008 | 22 |
| Gambar 4.1 Algoritma Analisa Keterjaminan Aliran Daya dan Biaya Produksi..... | 28 |
| Gambar 4.2 Kondisi Tegangan di SRB tanpa pembangkit BBM tahun 2008-2017..... | 29 |
| Gambar 4.3 Tegangan di Pesanggaran sesuai perencanaan PLN tahun 2008-2017 | 30 |
| Gambar 4.4 Produksi Energi untuk memenuhi beban SRB tahun 2008-2017..... | 32 |
| Gambar 4.5 Prakiraan Biaya Produksi PLN SRB tahun 2008-2017..... | 32 |
| Gambar 4.6 Biaya per satuan energi PLN SRB tahun 2008-2017..... | 33 |
| Gambar 4.7 Kurva Biaya dan kualitas tegangan dari rencana PLN..... | 33 |
| Gambar 4.8 Karakteristik Pembebanan SUTET 500 kV Paiton-Kapal . | 37 |
| Gambar 4.9 Kondisi Tegangan di SRB sesuai rencana PLN dan skenario 1 | 39 |
| Gambar 4.10 Prakiraan Biaya Produksi Rencana PLN dan Skenario 1.. | 40 |
| Gambar 4.11 Prakiraan Biaya per kWh rencana PLN dan Skenario 1..... | 41 |
| Gambar 4.12 Kondisi Tegangan di Pesanggaran sesuai rencana PLN dan Skenario 2. | 42 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.13 Prakiraan Biaya Produksi rencana PLN dan Skenario 2.. | 44 |
| Gambar 4.14 Prakiraan Biaya Produksi per kWh rencana PLN dan Skenario 2.. | 44 |
| Gambar 4.15 Prakiraan Kondisi tegangan di Pesanggaran sesuai rencana PLN dan Skenario 3 | 46 |
| Gambar 4.16 Prakiraan Biaya Produksi rencana PLN dan Skenario 3 | 48 |
| Gambar 4.17 Prakiraan Biaya per kWh rencana PLN dan Skenario 3 | 49 |
| Gambar 4.18 Perbandingan Kualitas Tegangan di Pesanggaran dari Rencana PLN dengan tiga Skenario | 50 |
| Gambar 4.19 Perbandingan Biaya Produksi PLN dengan tiga Skenario | 51 |
| Gambar 4.20 Perbandingan biaya per kWh Rencana PLN dengan tiga Skenario | 51 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1. DMN Pembangkitan di Sub Region Bali tahun 2008..... | 19 |
| Tabel 3.2. Komposisi Penyaluran SRB 2008 | 20 |
| Tabel 3.3 Tambahannya Pembangkit Listrik (MW) di Bali tahun 2008 – 2017 | 23 |
| Tabel 3.4 Rencana penambahan SUTT 150 kV Sub Region Bali | 24 |
| Tabel 3.5 Prakiraan neraca Daya Sub Region Bali 2008 – 2018 | 25 |
| Tabel 4.1 Kondisi tegangan di SRB tanpa pembangkit BBM tahun 2008-2017 | 29 |
| Tabel 4.2 Tegangan di Pesanggaran sesuai perencanaan PLN tahun 2008-2017 | 30 |
| Tabel 4.3 Produksi Energi dari setiap Pembangkit tahun 2008-2017..... | 31 |
| Tabel 4.4 Biaya Produksi Energi SRB tahun 2008-2017 | 31 |
| Tabel 4.5 Komposisi Pasokan Energi ke SRB tahun 2008-2017..... | 35 |
| Tabel 4.6 Tegangan di Pesanggaran setelah ditambah pembangkit BBM | 38 |
| Tabel 4.7 Produksi Energi dari setiap Pembangkit tahun 2008-2017 Skenario 1 | 39 |
| Tabel 4.8 Prakiraan Biaya Produksi Rata-rata Rencana PLN dan Skenario 1..... | 40 |
| Tabel 4.9 Tegangan di Pesanggaran pada rencana PLN dan Skenario 2..... | 42 |
| Tabel 4.10 Produksi Energi dari setiap Pembangkit tahun 2008-2017 Skenario 2..... | 43 |
| Tabel 4.11 Prakiraan Biaya Produksi Rencana PLN dan Skenario 2 ... | 43 |
| Tabel 4.12 Tegangan di Pesanggaran pada rencana PLN dan Skenario 3..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.13 Produksi Energi dari setiap Pembangkit tahun 2008-2017 3 skenario | 47 |
| Tabel 4.14 Prakiraan Biaya Produksi Rencana PLN dan Skenario 3 | 47 |
| Tabel 4.15 Perbandingan Kualitas Tegangan antara Rencana PLN dengan Skenario 3 | 49 |



DAFTAR SINGKATAN



| | |
|-------|---------------------------------------|
| MW | Mega Watt |
| P3B | Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban |
| SKLT | Saluran Kabel Laut |
| PLTU | Pembangkit Listrik Tenaga Uap |
| PLTP | Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi |
| SRB | Sub Region Bali |
| BBM | Bahan Bakar Minyak |
| PLTG | Pembangkit Listrik Tenaga Gas |
| PLTGU | Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap |
| MBtu | Mega British Thermal Unit |
| kWh | Kilo Watt Hour |
| MWh | Mega Watt Hour |
| DMN | Daya Mampu Netto |
| MVA | Mega Volt Ampere |
| kms | kilo meter sirkuit |
| JCC | Jawa Control Center |
| RCC | Region Control Center |
| SUTT | Saluran Udara Tegangan Tinggi |
| SUTET | Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi |
| IBT | Inter Bus Transformer |

DAFTAR ISTILAH

| | |
|-----------------------|---|
| Beban Puncak | Beban tertinggi dalam 1 periode waktu |
| Inter Bus Transformer | Transformator untuk merubah level tegangan dari tegangan ekstra tinggi ke level tegangan tinggi atau dari tegangan tinggi ke level tegangan tinggi yang lebih rendah. |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Penghantar di PLN Sub Region Bali
- Lampiran 2. Pemodelan Sistem Bali dalam Prosym.
- Lampiran 3. Contoh beban harian per setengah jam
- Lampiran 4. Data data pembangkit
- Lampiran 5. Data link antar area
- Lampiran 6. Data bahan bakar
- Lampiran 7. System section
- Lampiran 8. Contoh hasil Biaya Produksi tahun 2014

