



UNIVERSITAS INDONESIA

**METODE KOEFISIEN ENERGI UNTUK PERAMALAN
BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK PADA JARINGAN
JAWA-MADURA-BALI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**KAFAHRI ARYA HAMIDIE
0906602774**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : KAFAHRI ARYA HAMIDIE

NPM : 0906602774

Tanda Tangan :



Tanggal : 27 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Kafahri Arya Hamidie

NPM : 0906602774

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Metode koefisien energi untuk peramalan beban listrik jangka pendek pada jaringan Jawa-Madura-Bali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, MT

(*Amien*)

Penguji : Ir. I Made Ardita Y, MT

(*I Made Ardita Y*)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Rudy Setiabudy, DEA

(*Rudy Setiabudy*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah, atas berkat dan rahmat-Nya saya bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “**Metode Koefisien Energi untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Pada Jaringan Jawa-Madura-Bali**”.

Tidak sedikit hambatan dan rintangan yang dihadapi dalam penyusunan skripsi ini, namun berkat doa dan dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, saran dan motivasi sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini, Insya Allah dengan baik. Untuk itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Amien Rahardjo , MT. Selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi penjelasan kepada saya.
2. Saudara Ivan Panji dari BOPS P3B PLN, yang telah banyak membantu dalam perihal data data yang saya perlukan
3. Keluarga yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepadaku. Bapak Djaldan Faichi Hamidie, Ibu Rahmiyati Yatim, dan kakakku Farahniar Hamidiana.
4. Seluruh dosen Teknik Elektro, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan.
5. Teman teman Ekstensi Elektro 2009 yang telah banyak berbagi pengalaman dan ilmu.
6. Teman teman Graha Satria yang telah banyak berbagi pelajaran hidup selama berkuliah di Universitas Indonesia.
7. Myra Nurmayanti yang tiada henti memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan dari semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kafahri Arya Hamidie
NPM : 0906602774
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Metode Koefisien Energi untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Pada Jaringan Jawa-Madura-Bali

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 27 Desember 2011
Yang menyatakan



(Kafahri Arya Hamidie)

ABSTRAK

Nama : Kafahri Arya Hamidie
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Metode Koefisien Energi untuk Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Jaringan Jawa-Madura-Bali

Konsumsi daya listrik mempunyai peranan penting dalam pelaksanaan pembangunan untuk peningkatan kesejahteraan dan kegiatan ekonomi. Sehingga, diperlukan peramalan beban listrik untuk menyelenggarakan usaha penyediaan daya listrik dalam jumlah merata. Tujuan dari peramalan beban listrik tersebut adalah untuk melakukan analisa nilai beban mingguan dan harian pada tahun 2009 menggunakan metode koefisien energi. Dari hasil analisa didapat nilai error beban mingguan 2009 4,525% dan beban harian 2009 5,234%.

Kata Kunci : koefisien energi, beban mingguan 2009, beban harian 2009.

ABSTRACT

Name : Kafahri Arya Hamidie
Field of Study : Electrical Engineering
Title : Energy Coefficient Method For Short Term Load Forecasting On Jawa-Madura-Bali Transmission

Electrical power consumption plays important role in developing our country, especially in economic and welfare. Load forecast is needed to distribute the electrical power evenly. By using load forecasting method, we want to analyze the 2009 weekly and daily load value using energy coefficient. From calculation the error percentage of 2009 weekly load is 4.525% and the 2009 daily load is 5.234%

Keyword : energy coefficient, 2009 weekly load value, 2009 daily load value.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pernyataan Orisinalitas.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar.....	iv
Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	v
Abstrak	vi
Daftar Isi.....	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Pembatasan masalah.....	3
1.5 Metoda penulisan	3
1.6 Sistematika laporan proyek akhir.....	3

BAB II METODE PERAMALAN BEBAN LISTRIK DENGAN KOEFISIEN ENERGI

2.1 Metode Peramalan Beban Listrik Dengan Koefisien Energi	4
2.2 Energi Sistem Mingguan Dalam Setahun.....	4
2.3 Energi Sistem Harian dalam Setahun.....	5
2.4 Energi Sistem per Setengah Jam dalam Setahun	6
2.5 Diagram Alir Peramalan Beban dengan Koefisien Energi.....	7

BAB III SISTEM TENAGA LISTRIK JAWA-MADURA-BALI

3.1 Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali	8
3.2 Pola Beban	9

3.3	Operasi Sistem.....	11
3.4	Pembangkitan.....	12
3.5	Faktor Kapasitas Aktual Sistem Jawa Madura Bali.....	13
3.6	Data Historis Beban Mingguan 2006 – 2009 Jawa-Bali-Madura.....	16
3.7	Data Historis Harian 2006-2009.....	17

BAB IV ANALISA DATA

4.1	Perhitungan Energi Mingguan Tahun 2009.....	19
4.2	Perhitungan Energi Harian 2009.....	21
4.3	Analisa Nilai Error.....	23

BAB V KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan.....	24
-----	-----------------	----

DAFTAR REFERENSI	25
-------------------------	-----------

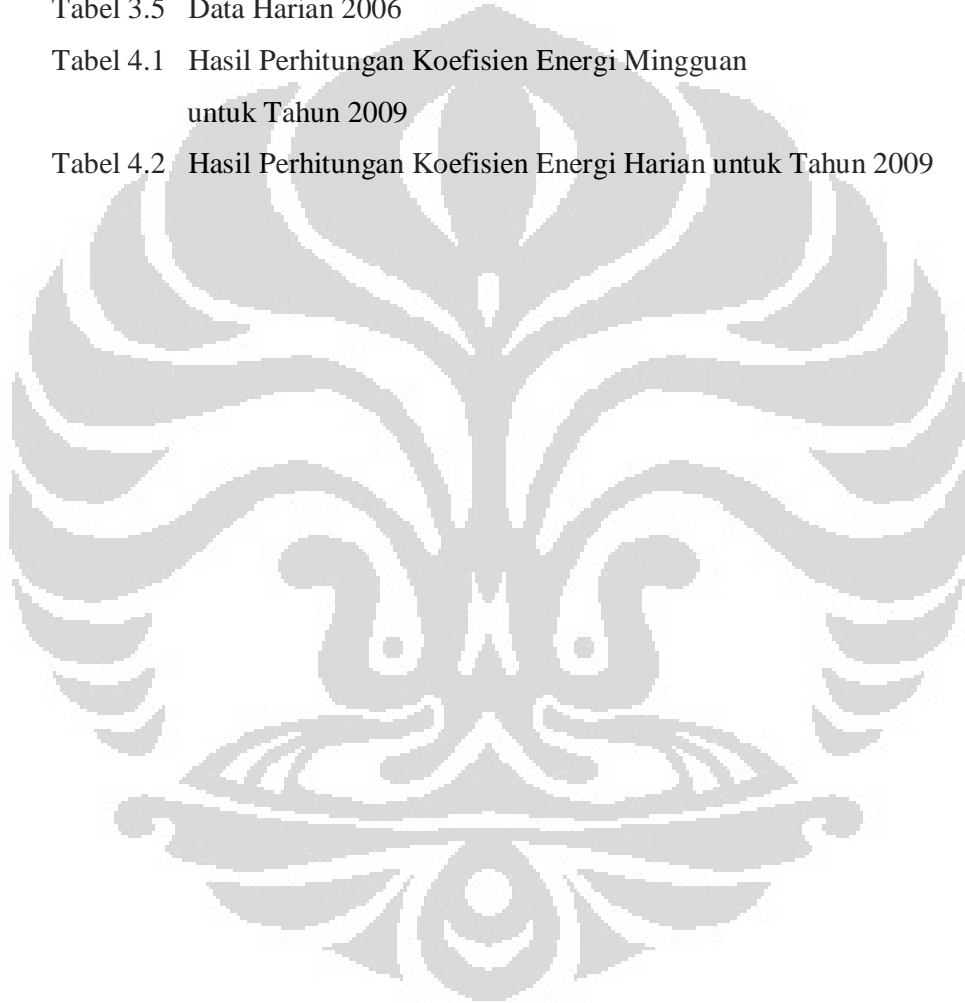
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Beban Harian dalam Seminggu	5
Gambar 2.2 Diagram Alir Peramalan Beban dengan Koefisien Energi	7
Gambar 3.1 Peta Jaringan Sistem Jawa-Madura-Bali	8
Gambar 3.2 Tipikal Kurva Beban Sistem Jawa-Madura-Bali	9
Gambar 3.3 Pengelompokan Pembangkit	11
Gambar 3.4 Grafik Energi Mingguan Tahun 2006-2009	17
Gambar 3.5 Grafik Energi Harian Tahun 2006-2009	18
Gambar 4.1 Grafik Energi Mingguan 2009	21
Gambar 4.2 Energi Harian 2009	23



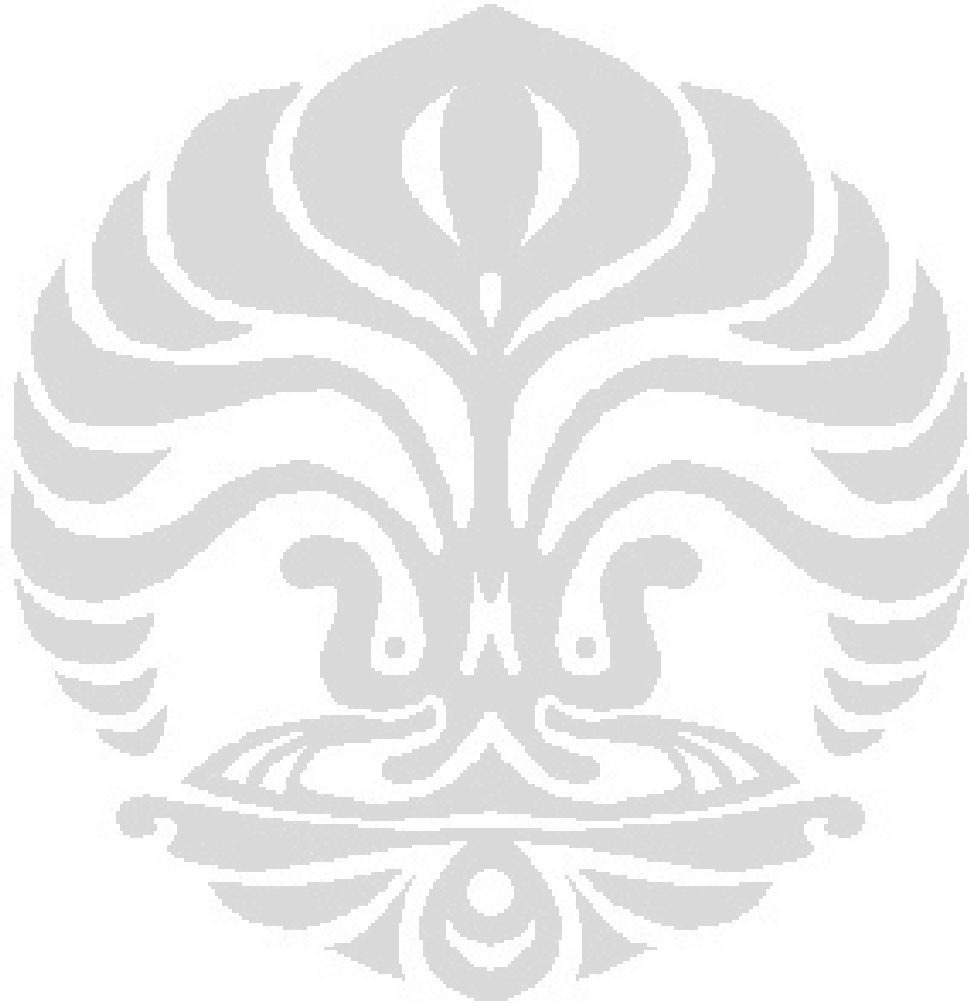
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Faktor beban berbagai sub-sistem tahun 2002	10
Tabel 3.2 Perbandingan Faktor Kapasitas Berbagai Kelompok Pembangkit	14
Tabel 3.3 Rincian Faktor Kapasitas (CF) Pembangkit di Sistem Jawa-Madura-Bali Tahun 2002.	15
Tabel 3.4 Data Mingguan 2006	16
Tabel 3.5 Data Harian 2006	17
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Koefisien Energi Mingguan untuk Tahun 2009	20
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Koefisien Energi Harian untuk Tahun 2009	22



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Energi 2009 per Mingguan
- Lampiran 2 Energi 2009 per Harian



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

^[1]Pemenuhan kebutuhan energi termasuk energi listrik mempunyai kedudukan yang penting dalam pembangunan nasional pada umumnya dan sebagai salah satu pendorong kegiatan ekonomi pada khususnya dalam rangka mewujudkan masyarakat adil dan makmur. ^[1]Oleh karena itu, penyediaan tenaga listrik harus menjadi prioritas dalam pembangunan dan dalam prosesnya harus dikembangkan dengan prinsip-prinsip efektifitas dan efisiensi. ^[1]Kebutuhan akan tenaga listrik di suatu wilayah terus meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya kegiatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut. Dinamika konsumsi energi listrik juga dapat digunakan sebagai indikator kecenderungan kemana perkembangan dari sektor atau wilayah tersebut bergerak. Semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik ini tentunya harus diantisipasi dengan menyediakan sistem kelistrikan yang lebih memadai baik jumlah maupun kualitasnya di masa yang akan datang. ^[1]Untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara kuantitas dan kualitas maka dibutuhkan perencanaan sistem tenaga listrik yang tepat.

^[2]Sebagai dasar dalam perencanaan, baik perencanaan operasi maupun perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik, salah satu hal yang penting adalah peramalan (*forecasting*) yang tepat untuk mengetahui kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu tertentu. ^[2]Peramalan adalah suatu kegiatan/usaha untuk memprediksi kondisi di masa yang akan datang. ^[2]Di bidang tenaga listrik, peramalan biasanya berupa peramalan beban (*load forecasting*) meliputi peramalan beban puncak (MW) dan peramalan kebutuhan energi listrik (*demand forecasting*) (MWh). Peramalan berdasarkan rentang waktu dapat dikategorikan menjadi tiga: jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Dalam melakukan peramalan, telah berkembang berbagai macam metode peramalan diantaranya metode berdasar deret waktu (*moving average, exponential, trend*) dan juga metode kausal (regresi, ARMA, ARIMA/Bob-Jenkins, dan ekonometri).

Dalam skripsi ini, metode koefisien energi yang akan digunakan untuk meramal beban tenaga listrik. Peramalan dilakukan untuk menghitung total beban per minggu dan per hari. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang ada pada system ketenagalistrikan Jawa-Bali.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan pembuatan skripsi ini adalah melakukan peramalan beban listrik jaringan pendek dengan metode koefisien energi dan membandingkan hasil perhitungan dengan nilai beban sebenarnya.

1.3 Perumusan Masalah

^[3]Manajemen usaha penyediaan tenaga listrik merupakan hal yang kompleks. Salah satu hal yang penting dalam manajemen penyediaan tenaga listrik, khususnya dalam perencanaan adalah peramalan beban dan kebutuhan tenaga listrik di masa yang akan datang. ^[3]Hal ini terkait erat dengan berbagai aspek seperti optimasi perencanaan pengembangan pembangkitan, pengembangan transmisi, pengembangan saluran distribusi, pengoperasian sistem tenaga listrik dll. Peramalan (*forecasting*) adalah suatu kegiatan atau usaha untuk memprediksi kondisi di masa yang akan datang.

^[4]Di dalam perencanaan operasi, peramalan beban memegang peranan yang sangat penting. Ini dikarenakan beban yang direncanakan agar mendekati atau sama dengan realisasinya. ^[4]Apabila peramalan beban rendah dan realisasinya tinggi maka mengoperasikan sistem dalam frekuensi rendah. ^[4]Sedangkan untuk peramalan beban tinggi dan realisasi rendah maka mengoperasikan sistem dalam frekuensi tinggi yang merupakan suatu pemborosan.

Dalam penelitian ini akan dibahas peramalan beban listrik menggunakan metode koefisien energi. Peramalan dilakukan untuk meramalkan beban per minggu dan per hari dalam satu tahun. Dengan menggunakan koefisien energi, diharapkan nilai beban per minggu dan per hari yang didapat, mendekati nilai beban yang sebenarnya.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam skripsi ini, akan dilakukan pembatasan – pembatasan sebagai berikut :

- Perhitungan menggunakan data historis dari tahun 2006 hingga tahun 2008
- Hasil perhitungan akan digunakan untuk meramalkan beban per minggu dan per hari pada tahun 2009, lalu dibandingkan dengan nilai beban aktual pada tahun 2009
- Perhitungan koefisien energi dalam tulisan ini belum memperhatikan hari.

1.5 Metode Penulisan

- Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk membangun dasar-dasar teori yang diperlukan dalam penulisan skripsi, yang berhubungan dengan metode peramalan beban listrik menggunakan koefisien energi.

- Bimbingan

Bimbingan dilakukan penulis untuk konsultasi langsung mengenai permasalahan yang bersangkutan dengan skripsi dengan pembimbing.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibagi menjadi beberapa bab. Bab 1, pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2, dasar teori, bab ini berisi penjelasan secara teori dari bahasan yang diambil dalam skripsi ini, yaitu metode peramalan beban dengan koefisien energi. Bab 3, data, berisikan data – data beban dari tahun 2006 hingga 2009. Bab 4, analisa data, berisikan penjabaran dari analisa data yang terdapat di Bab 3. Bab 5, kesimpulan, merupakan kesimpulan dari seluruh proses skripsi dari penulis.

BAB 2
METODE PERAMALAN BEBAN LISTRIK DENGAN KOEFISIEN
ENERGI

2.1 Metode Peramalan Beban Listrik dengan Koefisien Energi^[5]

Metode ini dipakai untuk meramalkan beban harian dari suatu sistem tenaga listrik. Beban untuk setiap jam diberi koefisien yang menggambarkan besarnya beban pada jam tersebut dalam perbandingannya terhadap beban puncak. Koefisien-koefisien ini berbeda untuk hari Senin sampai dengan Minggu dan untuk hari libur bukan Minggu. Setelah didapat perkiraan kurva beban harian dengan metode koefisien, masih perlu dilakukan koreksi-koreksi berdasarkan informasi-informasi terakhir mengenai peramalan suhu dan kegiatan masyarakat.

2.2 Energi Sistem Mingguan dalam Setahun^[5]

Langkah prakiraan beban untuk keperluan operasi dimulai dari pembuatan kurva energi selama satu tahun yang terdiri dari 52 minggu. Kurva tahunan merupakan suatu kurva yang dibentuk oleh energi mingguan selama satu tahun yang terdiri dari 52 minggu. Kurva ini dibentuk dengan mengetahui dahulu besarnya target pembelian energi untuk menghitung prakiraan energi tahunan disamping data energi mingguan dari tahun – tahun sebelumnya.

Pembentukan koefisien energi mingguan selama satu tahun dengan data operasional sebagai berikut :

Koef E M1	Koef E M2	Koef E M3	Koef EM 52
Koef E M53	Koef E M54	Koef E M55.....	Koef EM104
Koef Emrk			

Energi mingguan tahun ke-n = Koef EMrk x Energi Tahunan yg direncanakan **(2.1)**

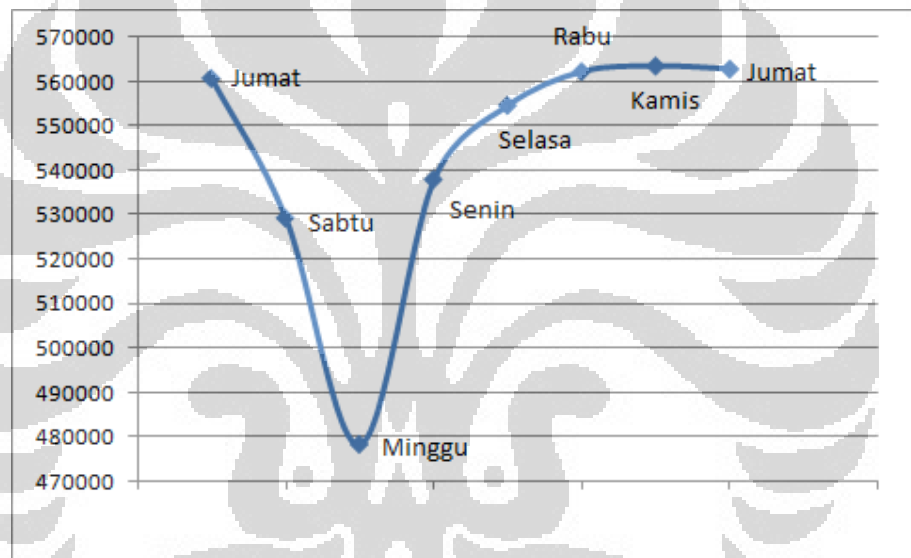
dengan :

Koef EM1 = Koefisien energi mingguan pada minggu ke-1 untuk data ke-n

Koef Emrk = Koefisien energi mingguan selama 1 tahun

2.3 Energi Sistem Harian dalam Setahun^[5]

Pada Sistem Jawa Bali, periode mingguan dimulai dari hari Jumat sampai hari Kamis. Kurva energi ini merupakan rangkaian dari kurva beban harian selama satu minggu yang bentuk kurvanya sangat dipengaruhi oleh jenis hari dan secara garis besar dibedakan atas : hari Kerja, hari Sabtu – Minggu dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.1 Kurva Beban Harian dalam Seminggu

Karakteristik energi harian pada dasarnya tidak selalu sama untuk masing-masing hari. Perumusan untuk mencari koefisien energi harian dalam satu tahun dari data realisasi murni per hari sebagai berikut:

Koef H1	Koef H3	Koef H4	.....	Koef H365
Koef H366	Koef H367	Koef H368	.....	Koef H730
Koef Hn				

Energi per hari pd tahun ke-n = Koef Hn x Energi mingguan yg direncanakan (2.2)

dengan:

Koef H1 = Koefisien energi harian pada hari ke-1

Koef Hn = Koefisien energi harian selama n hari

2.4 Energi Sistem per Setengah Jam dalam Setahun^[5]

Pembuatan energi per setengah jam merupakan koreksi terhadap Energi Sistem harian. Data Energi per setengah jam-an sama dengan proses pembuatan data energi tahunan. Untuk besarnya jumlah hari dalam setahun yaitu 365 hari. Di dalam perhitungan ini masih menggunakan koefisien, tetapi menggunakan rencana energi yang telah di hitung pada perhitungan energi harian. Energi per setengah jam tidak selalu sama untuk masing-masing setengah jam. Maka dari itu, untuk mencari koefisien energi per setengah jam dalam satu tahun dari data realisasi murni sebagai berikut:

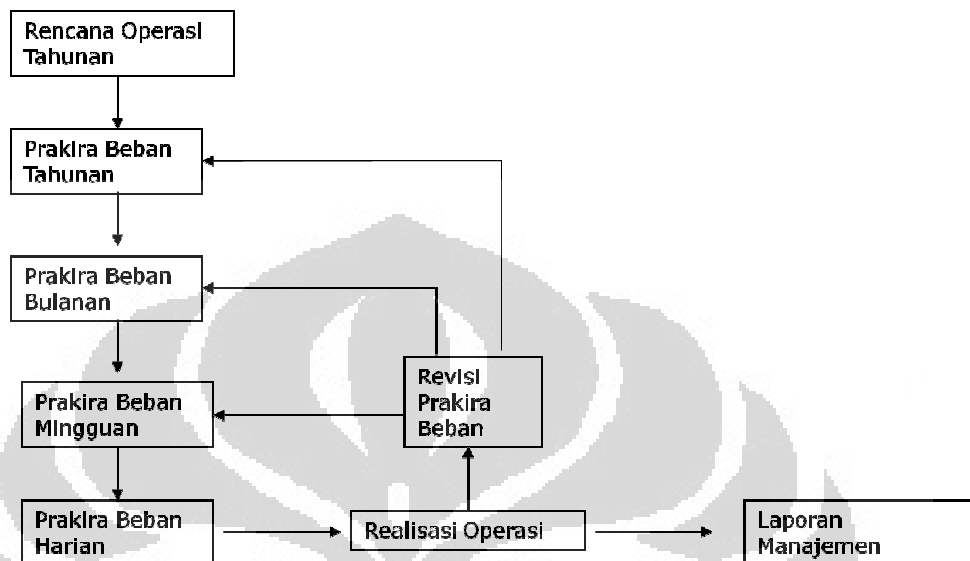
Jam	00.30	01.00	01.30	.....	24.00	
Energi	E1	E2	E3	.....	E364	Ejn
Koefisien	Koef1	Koef2	Koef3	.....	Koef364	Koefjn

Energi per setengah jam dlm tahun ke-n = Koef jn x Energi Harian yg direncanakan (2.3)

dengan:

Koef jn = Koefisien per setengah jam pada jam ke-n

2.5 Diagram Alir Peramalan Beban dengan Koefisien Energi



Gambar 2.2 Diagram Alir Peramalan Beban dengan Koefisien Energi

BAB 3

Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali

3.1 Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali^[6]

Sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali merupakan sistem tenaga listrik yang terbesar di Indonesia. Sistem ini mengkonsumsi hampir 80% dari tenaga listrik yang diproduksi. Oleh karena itu pengendalian operasi pada sistem ini akan mempunyai nilai yang sangat strategis dalam meningkatkan efisiensi penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Sistem Jawa merupakan sistem yang sudah terintegrasi secara luas dan penuh. Sistem ini merupakan sistem yang hampir sepenuhnya menjangkau daerah-daerah yang ada kecuali daerah-daerah yang masih terisolasi atau daerah perdesaan yang terpencil. Sistem ini juga telah dilengkapi oleh jaringan transmisi yang bersifat loop, artinya memiliki jalur transmisi alternatif yang memadai.

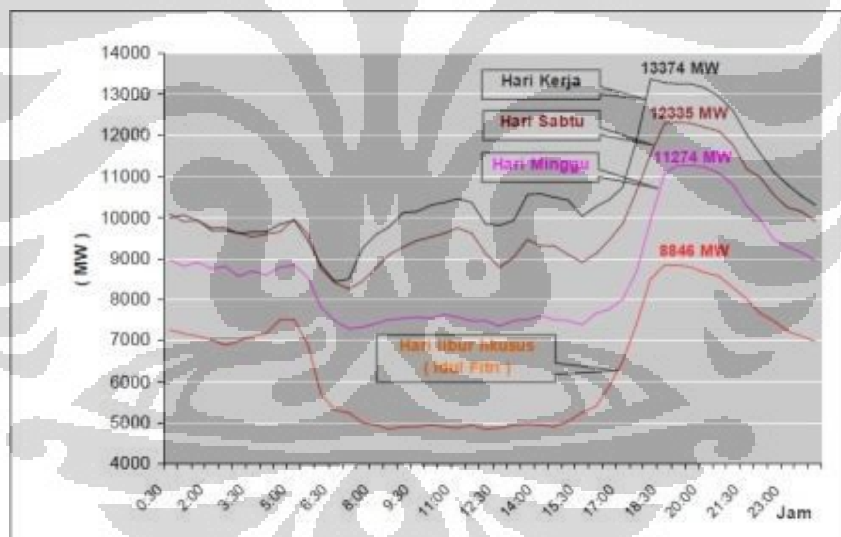
Pada tahun 2002 energi listrik yang disalurkan oleh pembangkit di sistem Jawa-Madura-Bali adalah sebesar 83,6 TWh. Energi ini diproduksi oleh pembangkit dengan kapasitas netto sebesar 17.326 MW. Peta jaringan transmisi sistem Jawa-Madura-Bali saat ini tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Jaringan Sistem Jawa-Madura-Bali

3.2 Pola Beban^[6]

Pola beban adalah pola konsumsi tenaga listrik dalam kurun harian, bulanan maupun tahunan. Secara umum, pola beban harian sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali menunjukkan model-model yang berbeda, yaitu pola untuk hari kerja, hari Sabtu, hari Minggu dan hari libur (lihat Gambar 3.2). Menarik untuk diamati bahwa pada berbagai pola beban yang ada, pemakaian daya listrik tertinggi hanya terjadi selama kurang lebih 4 jam setiap harinya. Periode ini dikenal dengan sebutan periode Waktu Beban Puncak (WBP). Meskipun beban puncak terjadi dalam waktu yang relatif singkat, sistem harus mampu menyediakan kapasitas pembangkitan untuk memasok kebutuhan beban puncak tersebut. Oleh karena itu, operasi sistem tenaga listrik membutuhkan tersedianya pembangkit yang selalu *stand-by* dan hanya difungsikan pada saat beban puncak. Pembangkit sejenis ini disebut sebagai pembangkit pemikul beban puncak.



Gambar 3.2 Tipikal Kurva Beban Sistem Jawa-Madura-Bali

Pola beban suatu sistem tenaga listrik seringkali direpresentasikan dengan ukuran factor beban (*load factor*). Faktor beban adalah rasio antara beban rata-rata sistem dan beban puncak sistem. Angka faktor beban sesungguhnya merefleksikan kegiatan masyarakat setempat. Semakin tinggi faktor beban suatu sistem maka semakin rata penggunaan tenaga listrik sepanjang waktu. Sebagai contoh, sub-sistem DKI Jakarta & Banten serta sub-sistem Jawa Barat yang memiliki lebih banyak konsumen industri dibanding subsistem lainnya memiliki

faktor beban yang lebih tinggi (lihat **Tabel 3.1**). Hal ini disebabkan konsumen industri umumnya mengoperasikan pabrik selama 24 jam terus menerus. Sedangkan sub-sistem Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang sebagian besar konsumennya berupa residensial, memiliki pola konsumsi tenaga listrik yang mengikuti pola hidup rumah tangga, dimana beban sangat tinggi pada malam hari pada saat diperlukan penerangan lebih banyak.

Tabel 3.1. Faktor Beban Berbagai Sub-Sistem Tahun 2002

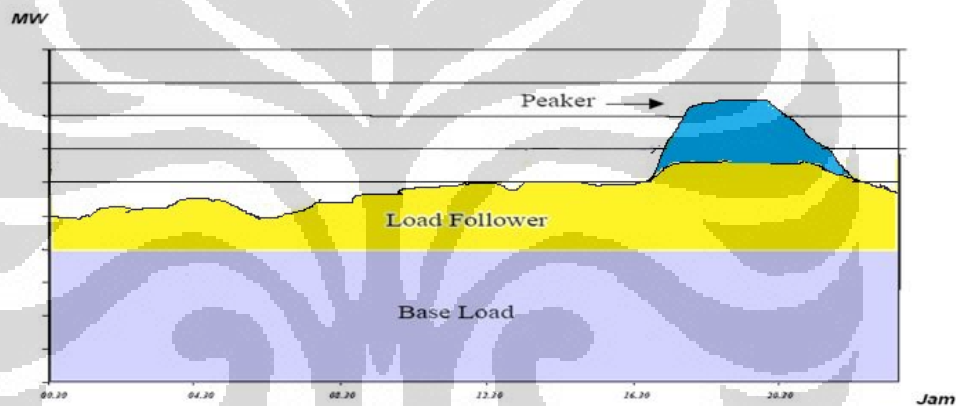
Jawa Barat	: 77%
DKI Jakarta dan Banten	: 80 %
Jawa Tengah dan DIY	: 66%
Jawa Timur, Madura dan Bali	: 71%
Bali	: 67%

Dari aspek operasi sistem, pola beban seperti pada Gambar 3.2 menunjukkan bahwa menjelang terjadinya beban puncak, terdapat kenaikan beban yang cukup tajam, yaitu sekitar 1.500 MW per jam. Untuk mengatasi kondisi semacam ini, operator sistem harus segera menaikkan pembebanan pembangkit yang belum dibebani penuh dengan memperhatikan kemampuan laju kenaikan beban masing-masing pembangkit serta mulai mengoperasikan pembangkit lain yang belum terhubung ke sistem.

Gambar 3.2 juga memperlihatkan bahwa meskipun bentuk pola beban hampir sama, terdapat perbedaan yang cukup besar pada saat beban puncak maupun beban rendah antara hari kerja dan hari Sabtu (1000 MW), hari kerja dan hari Minggu (2000 MW) atau hari kerja dan hari libur (5000 MW). Hal ini menimbulkan problematika tersendiri dalam pengaturan operasi pembangkitan. Beberapa pembangkit perlu di-*weekend shutdown* atau bahkan dimatikan lebih dari satu minggu dalam kasus hari libur seperti hari Raya Idul Fitri. Dinamika sistem seperti ini membawa konsekuensi berupa penurunan pada faktor kapasitas tahunan pembangkit.

3.3 Operasi Sistem^[6]

Tenaga listrik di sistem Jawa-Madura-Bali diproduksi oleh pembangkit tenaga listrik dengan karakteristik teknis dan tingkat efisiensi yang berbeda, serta bersumber dari beragam energi primer seperti air, batubara, gas alam, minyak dan panas bumi. Perbedaan energi primer dan tingkat efisiensi menyebabkan biaya produksi dari masing masing pembangkit menjadi berbeda. Sedangkan perbedaan karakteristik teknis menyebabkan posisi pembangkit dalam mensuplai beban sistem menjadi berbeda, yang umumnya dikelompokkan menjadi tiga segmen, yaitu pembangkit pemikul beban dasar (*base load*), pemikul beban menengah (*load follower*) dan pemikul beban puncak (*peaker*). Gambar 3.3 menunjukkan ketiga kelompok pembangkit.



Gambar 3.3 Pengelompokan Pembangkit

Pembangkit dengan karakteristik yang kurang fleksibel karena tidak dapat dihidupkan atau dimatikan dalam waktu yang singkat serta lambat dalam menaikkan/menurunkan pembebanan mengharuskan pembangkit untuk dioperasikan sepanjang pembangkit siap. Pembangkit kelompok ini digolongkan ke dalam pembangkit base load. Disamping keterbatasan teknis, ikatan kontrak pembelian bahan bakar berupa take-or-pay, terkadang juga menjadi alasan mengapa pembangkit digolongkan sebagai pembangkit base load. Pembangkit base load biasanya berskala besar dan memiliki biaya produksi yang lebih murah dibandingkan kelompok pembangkit lainnya.

Pembangkit base load umumnya dioperasikan pada kapasitas terpasang maksimum sepanjang pembangkit tersebut siap serta sesuai dengan kesiapan sistem penyaluran. Pembangkit jenis ini contohnya PLTU batubara, pembangkit

yang terikat kontrak *take or pay* bahan bakar seperti PLTP, serta pembangkit hidro yang memiliki sumber air yang hanya akan ekonomis bila dioperasikan, seperti pembangkit hidro *run-off-river*.

Pembangkit kelompok load follower meliputi pembangkit yang lebih fleksibel namun lebih mahal dari pembangkit base load, seperti PLTGU gas dan PLTU minyak. Untuk sistem Jawa-Madura-Bali, PLTGU gas juga diposisikan sebagai base loader karena adanya ikatan kontrak *take-or-pay* pembelian gas alam.

Pembangkit yang difungsikan sebagai pemikul beban puncak meliputi pembangkit yang fleksibel baik dalam kecepatan perubahan pembebanan maupun start-stop pembangkit dan umumnya berskala dibawah 100 MW, seperti PLTG minyak, PLTD serta PLTA waduk. PLTA waduk pada sistem Jawa-Madura-Bali seperti PLTA Saguling dan Cirata difungsikan sebagai pembangkit pemotong beban puncak (*peak-shaving*) karena nilai ekonomis yang dimiliki. Namun, pengoperasian pembangkit ini sangat tergantung pada variasi musim.

3.4 Pembangkitan^[6]

Ukuran yang sering digunakan untuk melihat tingkat utilitas pembangkitan adalah factor kapasitas (*capacity factor*). Faktor kapasitas merupakan rasio antara energi yang disalurkan terhadap energi maksimum yang mampu diproduksi jika pembangkit dioperasikan pada kapasitas terpasangnya.

Faktor kapasitas tiap pembangkit akan berbeda antara satu dengan lainnya sesuai dengan fungsinya, apakah sebagai pembangkit base load, load follower atau peaker. Besar factor kapasitas pembangkit disamping tergantung pada kesiapan pembangkit juga tergantung pada pola beban yang ada pada suatu sistem. Dengan kata lain, faktor kapasitas ini berkaitan dengan faktor beban dan faktor kesiapan (*availability factor*) pembangkit. Faktor kesiapan adalah rasio antara jumlah jam pembangkit siap terhadap total jam dalam satu tahun. Karena pembangkit memerlukan waktu untuk memelihara pembangkit dan adanya pola beban pada sistem yang tidak merata sepanjang hari, maka secara keseluruhan, dalam kurun setahun faktor kapasitas pembangkit pada sistem tidak akan pernah

mencapai 100%. Bila sistem Jawa-Madura Bali diambil sebagai contoh, maka dengan faktor beban sebesar 72% dan kesiapan pembangkit tipikal sebesar 85%, maka angka maksimum faktor kapasitas yang dapat dicapai adalah sebesar 61%.

3.5 Faktor Kapasitas Aktual Sistem Jawa-Madura-Bali^[6]

Untuk sistem Jawa-Bali, faktor kapasitas pembangkit base load adalah sekitar 70%, kecuali PLTP mencapai sekitar 90%. Hal ini karena sebagian pembangkit base load terpaksa tidak dapat difungsikan sebagai base loader yang dibebani terus-menerus, melainkan harus disesuaikan operasinya mengikuti perubahan pola beban. Pada Gambar 3.2 terlihat bahwa selisih antara beban terendah dan beban puncak system mencapai sekitar 5000 MW. Beban terendah sistem berkisar 8000 MW sementara kapasitas pembangkit base load mencapai 11.000 MW, sehingga akan terdapat beberapa pembangkit base load tersebut yang dimatikan atau tidak dioperasikan pada kapasitas penuh.

Pembangkit load follower di sistem Jawa-Madura-Bali memiliki faktor kapasitas yang lebih kecil, yaitu berkisar antara 30% hingga 50%. Sedangkan bagi pembangkit yang difungsikan sebagai pemikul beban puncak, karena hanya dioperasikan pada periode WBP, maka faktor kapasitas untuk pembangkit ini otomatis akan menjadi kecil, yaitu kurang dari 15%.

Faktor kapasitas pembangkit di sistem Jawa-Madura-Bali ini tidak berbeda jauh dengan faktor kapasitas pembangkit di sistem tenaga listrik negara lain. Sebagai contoh, factor kapasitas tipikal pada sistem tenaga listrik di Amerika Serikat dalam periode 1997-2001 untuk pembangkit base load berkisar antara 60% hingga 70%, load follower sebesar 25% hingga 50% dan peaker kurang dari 15%, bahkan ada beberapa pembangkit peakers yang memiliki faktor kapasitas kurang dari 5%.

Perbandingan faktor kapasitas pembangkit di sistem Jawa-Madura Bali dan Amerika Serikat dapat dilihat pada Tabel 3.2. Sedangkan rincian faktor kapasitas berbagai pembangkit di sistem Jawa-Madura-Bali dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Perbandingan Faktor Kapasitas Berbagai Kelompok Pembangkit

Pembangkit ¹⁾	Faktor Kapasitas di Sistem	
	Jawa-Madura-Bali ²⁾	Amerika Serikat ³⁾
<i>Kelompok Pemikul Beban</i>		
Beban Dasar (base-load)	60% - 74%	60% - 73%
Beban Menengah (load follower)	30-% - 50%	25% - 50%
Beban Puncak (peaker)	< 15%	< 15%

Catatan :

- 1) Dibandingkan pembangkit dengan karakteristik dan peruntukan yang serupa.
- 2) Tidak termasuk pembangkit panas bumi dengan faktor kapasitas sekitar 90%. Data untuk tahun 2002.
- 3) Tidak termasuk pembangkit nuklir dengan faktor kapasitas sekitar 80% dan PLTU berbahan bakar lignite dengan faktor kapasitas sebesar 79%. Sumber: "Generating Unit Statistical Brochure 1997-2001", North America Electricity Reliability Council.

Tabel 3.3 Rincian Faktor Kapasitas (CF) Pembangkit di Sistem Jawa-Madura-Bali Tahun 2002

No.	Pembangkit	DMN* (MW)	CF		
1.	PLTA	Area-1	33,5	45%	
		Area-2	54,5	49%	
		Saguling	695,8	38%	
		Cirata	1.000,0	15%	
		Area-3	124,0	36%	
		Mrica	173,6	23%	
		Area-4	40,0	52%	
		Sutami	102,0	54%	
	Brantas Non Sutami	125,0	39%		
2.	PLTU				
		Batubara	Suralaya 1-4	1.524,0	67%
			Suralaya 5-7	1.737,0	74%
		Paiton	740,0	64%	
	BBG	Gresik (2x200 MW)	350,0	0 61%	
		Gresik (2x100 MW)	170,0	72%	
	BBG & BBM	Mkrng. 2x200 MW	330,0	65%	
	BBM	Mkrng 3x100 MW	255,0	64%	
		Priok	90,0	0%	
		Tambaklorok	274,0	64%	
		Perak	90,0	24%	
3.	PLTGU				
	BBG	Gresik 1+3 (BBG)	1.440,0	71%	
		Gresik Blok 2 (BBM)			
	BBG & BBM	Muarakarang	465,0	68%	
		Priok	1.120,0	68%	
	BBM	Muaratawar Blok-1	605,0	21%	
		Muaratawar Blok-2	276,0	12%	
		Tambaklorok	976,0	38%	
		Grati	462,0	17%	
4.		PLTP	Salak	165,0	92%
			Kamojang	140,0	93%
	Drajat	55,0	88%		
5.	PLTG				
	PLTG BBG	Priok 4-5 **)	82,0		
	PLTG BBM	Gresik	32,0	0%	
		Priok 1-3	36,0	8%	
		Sunyaragi	72,0	2%	
		Cilacap	44,0	10%	
		Gilimanuk	133,0	7%	
		Pesanggaran	98,0	44%	
Gilitimur		32,0	0 48%		
6.	PLTD BBM	Pesanggaran	58,0	12%	
				17%	
7.	Listrik Swasta				
	PLTA	Jatiluhur	179,5	65%	
	PLTU	Paiton PEC	1.290,0	60%	
		Jawa Power	1.220,0	64%	
	PLTP	UGI Ltd./ Salak	177,0	87%	
		Darajat II / Amoseas	90,5	93%	
W. Windu / Magma NL		110,0	94%		
	Dieng	60,0	10%		
Total		17,326.0			

*) DMN adalah Daya Mampu Netto dalam MW, yaitu kapasitas terpasang dikurang pemakaian sendiri pusat pembangkit

**) PLTG Priok akan direlokasi

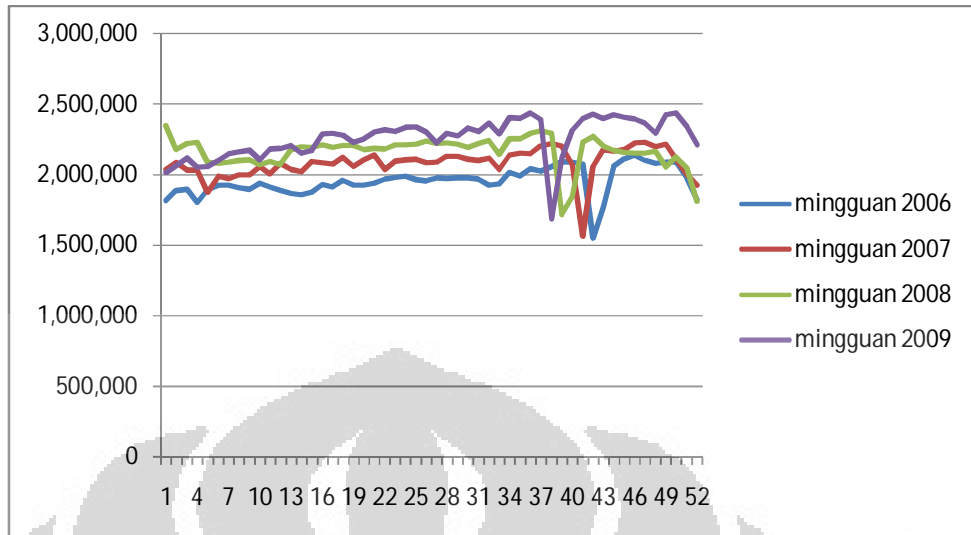
3.6 Data Historis Beban Mingguan 2006 – 2009 Jawa-Bali-Madura

Berikut adalah contoh data beban mingguan sistem Jawa-Bali-Madura untuk tahun 2006.

Tabel 3.4 Data Mingguan 2006

Bulan	Minggu	Tanggal	Energi /minggu (MWH)	Koefisien
Januari	1	(6 - 12)	1,816,051	0.017865975
	2	(13 - 19)	1,886,820	0.018562195
	3	(20 - 26)	1,895,860	0.018651126
	4	(27 - 2)	1,803,505	0.017742556
Februari	5	(3 - 9)	1,893,430	0.018627223
	6	(10 - 16)	1,927,688	0.018964244
	7	(17 - 23)	1,923,931	0.018927287
	8	(24 - 2)	1,908,423	0.018774718
Maret	9	(3 - 9)	1,894,334	0.018636116
	10	(10 - 16)	1,937,428	0.019060062
	11	(17 - 23)	1,914,558	0.018835074
	12	(24 - 30)	1,886,672	0.018560737
	13	(31 - 6)	1,867,032	0.018367524

Data beban mingguan tahun 2007-2009 terlampir dalam skripsi ini. Berikut di bawah adalah gambar grafik data mingguan dari tahun 2006 hingga 2009.



Gambar 3.4 Grafik Energi Mingguan Tahun 2006-2009

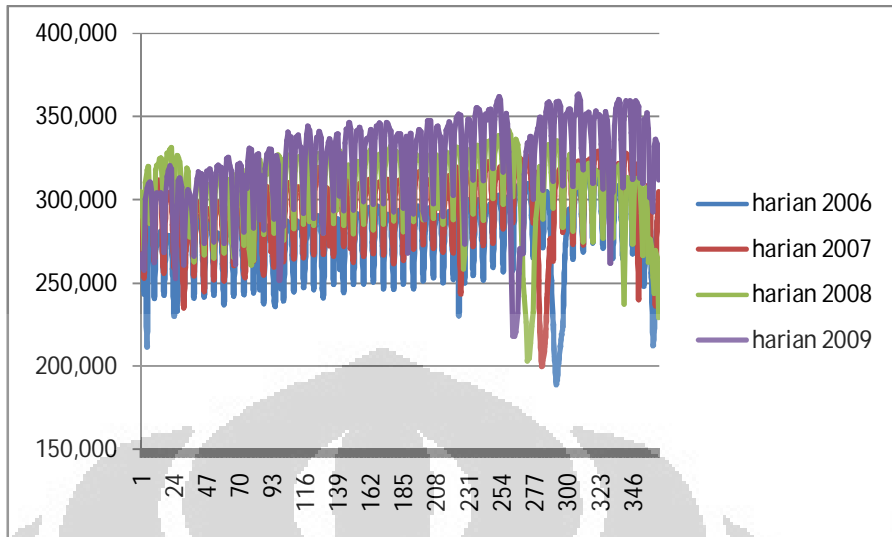
3.7 Data Historis Harian 2006 – 2009

Berikut adalah contoh data beban harian sistem Jawa-Bali-Madura selama seminggu untuk tahun 2006.

Tabel 3.5 Data Harian 2006

Hari ke	Energi per-minggu (MWH)	Energi per - hari (MWH)	Koefisien Per - hari
1	1,816,051	280,628	0.15453
2		263,852	0.14529
3		243,253	0.13395
4		257,976	0.14205
5		211,596	0.11651
6		273,437	0.15057
7		285,309	0.15710

Data beban harian tahun 2007-2009 terlampir dalam skripsi ini. Berikut di bawah adalah gambar grafik data harian dari tahun 2006 hingga 2009.



Gambar 3.5 Grafik Energi Harian Tahun 2006-2009

BAB 4 ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Energi Mingguan Tahun 2009

Berdasarkan diagram alur perhitungan koefisien energy, pertama-tama kita perlu mengetahui Rencana Operasi Tahunan (ROT) untuk tahun 2009. ROT untuk tahun 2009 yang dibuat oleh PLN adalah 120.388.000 MWh. Untuk menghitung energi mingguan tahun 2009, kita perlu menghitung koefisien energi mingguan untuk data historis tahun 2006 – 2008. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan koefisien energi mingguan untuk tahun 2006-2008 :

Jumlah total energi pada tahun 2006 adalah 101.648.554 MWh, sedangkan jumlah energi pada minggu pertama bulan Januari 2006 adalah 1.816.051 MWh. Sehingga koefisien energi minggu pertama bulan Januari 2006 adalah :

$$\frac{1.816.051}{101.648.554} = 0,017865975$$

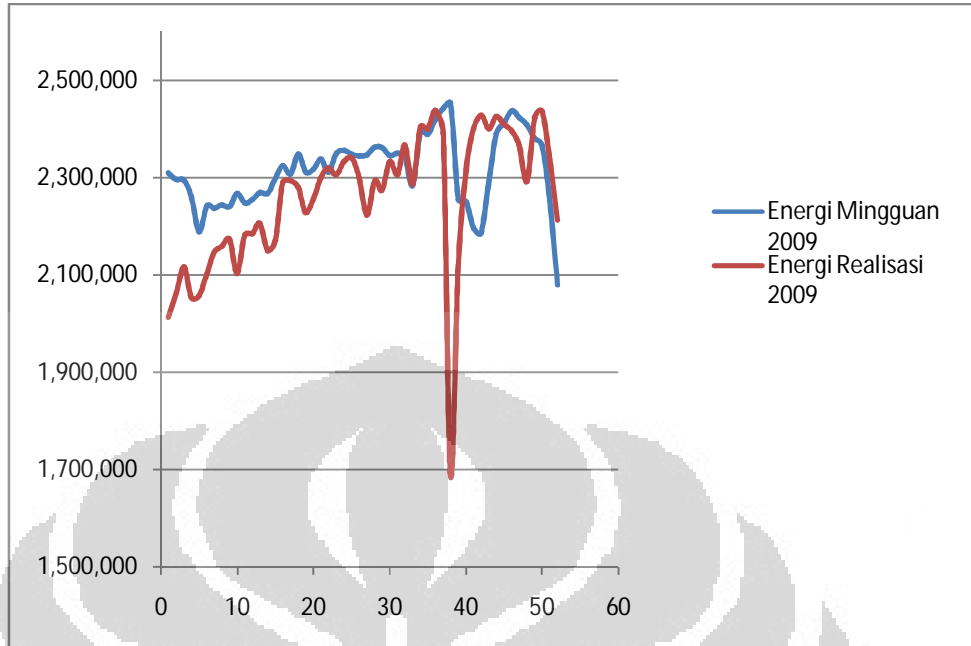
Cara yang sama kita gunakan untuk perhitungan tahun 2007 dan 2008. Setelah didapat koefisien mingguan untuk tahun 2006-2008, koefisien tersebut kita rata ratakan. Hasil rata rata koefisien ketiga tahun tersebut lalu kita kalikan dengan nilai ROT yang telah ada, yaitu 120.388.000 MWh. Hasil perhitungan energi per mingguan dengan koefisien energi kemudian kita bandingkan dengan data riil energy tahun 2009. Tabel 4.1 di bawah akan menunjukkan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Koefisien Energi Mingguan untuk Tahun 2009

Minggu ke	KOEFSISIEN			Koefisien Rata - Rata Mingguan Selama 3 Tahun	Energi Mingguan 2009 (Mwh)	Energi Riil 2009	Selisih
	2006	2007	2008				
1	0.01786597	0.01880774	0.02088849	0.019187403	2,309,933	2,013,470	15%
2	0.01856219	0.01930369	0.01935256	0.019072818	2,296,138	2,061,450	11%
3	0.01865112	0.01877297	0.01975133	0.019058479	2,294,412	2,117,007	8%

4	0.01774255	0.01878018	0.0198258	0.018782847	2,261,229	2,053,846	10%
5	0.01862722	0.01732973	0.01858492	0.018180627	2,188,729	2,057,023	6%
6	0.01896424	0.01840553	0.01848777	0.018619185	2,241,526	2,101,473	7%
7	0.01892728	0.01824121	0.01856903	0.01857918	2,236,710	2,146,244	4%
8	0.01877471	0.01846358	0.01866652	0.018634943	2,243,424	2,158,130	4%
9	0.01863611	0.01845104	0.01873295	0.018606705	2,240,024	2,172,570	3%
10	0.01906006	0.0190355	0.0184141	0.0188366	2,267,701	2,102,927	8%
.							
.							
.							
41	0.02042523	0.01446831	0.01986511	0.018252888	2,197,429	2,399,738	8%
42	0.01523959	0.01902993	0.02022058	0.018163371	2,186,652	2,428,228	10%
43	0.01744584	0.02011969	0.01959017	0.019051903	2,293,621	2,400,006	4%
44	0.02023915	0.01998927	0.01932177	0.019850064	2,389,710	2,425,001	1%
45	0.02080108	0.02011567	0.01918011	0.020032291	2,411,647	2,409,148	0%
46	0.02104841	0.02053327	0.01914857	0.02024342	2,437,065	2,395,322	2%
47	0.02066462	0.02058531	0.01912604	0.020125329	2,422,848	2,365,702	2%
48	0.02044340	0.02032733	0.01923829	0.02000301	2,408,122	2,291,746	5%
49	0.02055652	0.02046705	0.01826698	0.019763524	2,379,291	2,423,626	2%
50	0.02056837	0.01950146	0.01889505	0.019654963	2,366,222	2,436,419	3%
51	0.01944251	0.01848968	0.01821194	0.018714715	2,253,027	2,337,344	4%
52	0.01793142	0.01781502	0.01608496	0.017277139	2,079,960	2,213,549	6%
Jumlah					120,388,000	117481888	4.525%

Dari Tabel 4.1 di atas, dapat kita lihat bahwa nilai deviasi dari metode koefisien beban untuk beban mingguan 2009 adalah 4,525%. Gambar 4.1 akan menunjukkan perbandingan antara beban mingguan 2009 hasil perhitungan dengan beban mingguan riil 2009.



Gambar 4.1 Grafik Energi Mingguan 2009

4.2 Perhitungan Energi Harian 2009

Untuk menghitung energi harian tahun 2009, kita perlu menghitung koefisien energi harian untuk data historis tahun 2006 – 2008. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan koefisien energi harian untuk tahun 2006-2008 :

Jumlah energi pada minggu pertama bulan Januari 2006 adalah 1.816.051 MWh, sedangkan jumlah energi pada hari pertama bulan Januari adalah 280,628 MWh. Sehingga koefisien energi hari pertama bulan Januari 2006 adalah :

$$\frac{280,628}{1.816.051} = 0,15453$$

Cara yang sama kita gunakan untuk perhitungan tahun 2007 dan 2008. Setelah didapat koefisien harian untuk tahun 2006-2008, koefisien tersebut kita rata ratakan. Hasil rata rata koefisien ketiga tahun tersebut lalu kita kalikan dengan nilai energi per mingguan tahun 2009 yang telah kita dapat pada tabel 4.1. Hasil perhitungan energi per harian dengan koefisien energi kemudian kita bandingkan dengan data riil energy tahun 2009. Tabel 4.2 di bawah akan menunjukkan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

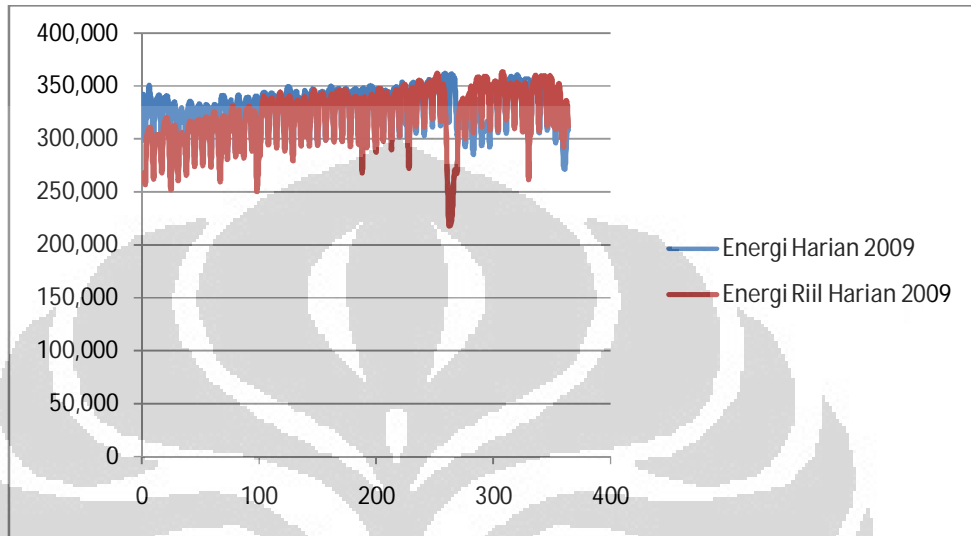
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Koefisien Energi Harian untuk Tahun 2009

Hari ke	KOEFSIEN			Koefisien Rata - Rata Harian Selama 3	Energi Mingguan 2009	Energi Harian 2009	Energi Real Harian 2009(MWh)	Selisih
	2006	2007	2008					

				Tahun		(MWh)		
1	0.15453	0.14484	0.1452497	0.1482038	2,309,933	342,341	259,738	32%
2	0.14529	0.13443	0.1380580	0.1392575		321,675	267,724	20%
3	0.13395	0.12458	0.1285236	0.1290168		298,020	257,709	16%
4	0.14205	0.14425	0.1480092	0.1447711		334,412	300,694	11%
5	0.11651	0.14934	0.1514394	0.1390969		321,305	307,130	5%
6	0.15057	0.15119	0.1525337	0.1514304		349,794	309,694	13%
7	0.15710	0.15138	0.1361862	0.1482234		342,386	310,780	10%
8	0.15051	0.14634	0.1417510	0.1461996	2,296,139	335,694	304,715	10%
9	0.14161	0.13836	0.1386943	0.1395557		320,439	286,762	12%
10	0.12766	0.12597	0.1289769	0.1275346		292,837	262,190	12%
11	0.14269	0.14336	0.1460841	0.1440452		330,748	297,780	11%
12	0.14449	0.14798	0.1472872	0.1465854		336,580	303,972	11%
13	0.14504	0.14935	0.1479312	0.1474418		338,547	302,991	12%
14	0.14800	0.14864	0.1492752	0.1486376		341,293	303,039	13%

• • •								
351	0.15413	0.14350	0.1528610	0.1501635	2,253,027	338,322	313,206	8%
352	0.14403	0.14316	0.1425367	0.1432436		322,732	322,288	0%
353	0.13067	0.13405	0.1301499	0.1316205		296,545	309,905	4%
354	0.12586	0.14285	0.1490048	0.1392382		313,708	348,376	10%
355	0.14441	0.13424	0.1499079	0.1428531		321,852	348,941	8%
356	0.14997	0.14787	0.1473639	0.1484037		334,358	352,200	5%
357	0.15093	0.15433	0.1281757	0.1444774		325,511	342,427	5%
358	0.15553	0.15792	0.1527174	0.1553903	2,079,960	323,206	301,296	7%
359	0.14041	0.13784	0.1501383	0.1427988		297,016	305,245	3%
360	0.11679	0.13668	0.1401137	0.1311949		272,880	293,049	7%
361	0.12110	0.13600	0.1347258	0.1306083		271,660	331,873	18%
362	0.14810	0.12284	0.1489081	0.1399497		291,090	336,419	13%
363	0.15792	0.15043	0.1465735	0.1516391		315,403	333,542	5%
364	0.16015	0.15828	0.1268231	0.1484189		308,705	312,125	1%
Total						120,388,000	120,387,998	117,481,888	5.234%

Dari Tabel 4.2 di atas, dapat kita lihat bahwa nilai deviasi dari metode koefisien beban untuk beban harian 2009 adalah 5,234%. Gambar 4.2 akan menunjukkan perbandingan antara beban hasil 2009 hasil perhitungan dengan beban harian riil 2009.



Gambar 4.2 Energi Harian 2009

4.3 Analisa Nilai Deviasi

Nilai simpangan terbesar dari metode koefisien energi untuk energi mingguan 2009 mencapai 45 % pada minggu ke- 38. Sedangkan pada energi harian 2009, nilai deviasi terbesarnya adalah 64% pada hari ke- 264. Nilai deviasi disebabkan karena metode ini hanya memperhatikan nilai energy dari suatu waktu tanpa melihat karakteristik waktu tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat dianalisa bahwa nilai deviasi yang terjadi disebabkan metode koefisien energi hanya memerhatikan nilai beban pada suatu waktu tanpa melihat karakteristik waktu tersebut. Di samping itu, deviasi yang terjadi juga disebabkan karena data historis yang digunakan, baik harian maupun mingguan tidak sama setiap tahun. Berikut di bawah adalah nilai deviasi yang terjadi pada beban harian dan mingguan hasil perhitungan dengan koefisien energi :

1. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk energi per mingguan pada tahun 2009, nilai rata rata deviasi yang didapat adalah 4,525%, dengan nilai simpangan terbesar mencapai 45 % pada minggu ke - 38.
2. Pada perhitungan untuk energi per harian 2009, nilai deviasi yang didapat adalah 5,234%, dengan simpangan terbesar adalah 64% pada hari ke- 264.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Tarigan, B. (2004). Peramalan kebutuhan tenaga listrik kotamadya Medan tahun 1998-2007. Universitas Indonesia
- [2] Nurcahyanto, E. (2009). Peramalan beban tenaga listrik system ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali menggunakan algoritma genetik. Universitas Indonesia
- [3] Wahjono, A. Ramalan beban listrik jangka panjang system distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. Universitas Indonesia
- [4] Sie, O.H. (1995). Studi peramalan kebutuhan tenaga listrik DKI Jakarta & Tangerang. Universitas Indonesia
- [5] Adikumoro, I.P. (2010). Metode prakiraan beban dengan koefisien energi. PT. PLN P3B Jawa-Bali BOPS
- [6] Prajitno, B. (2002) . Operasi system Jawa-Madura-Bali : sudah efisienkah?.

Lampiran 1
Energi Mingguan 2009

Ming gu ke	KOEFSISIEN			Koefisien Rata - Rata Mingguan Selama 3 Tahun	Energi Minggu an 2009 (Mwh)	Energi Riil 2009	Selis ih
	2006	2007	2008				
1	0.0178659 75	0.018807 744	0.020888 49	0.019187 403	2,309,9 33	2,013,4 70	15%
2	0.0185621 95	0.019303 697	0.019352 561	0.019072 818	2,296,1 38	2,061,4 50	11%
3	0.0186511 26	0.018772 973	0.019751 337	0.019058 479	2,294,4 12	2,117,0 07	8%
4	0.0177425 56	0.018780 185	0.019825 8	0.018782 847	2,261,2 29	2,053,8 46	10%
5	0.0186272 23	0.017329 737	0.018584 922	0.018180 627	2,188,7 29	2,057,0 23	6%
6	0.0189642 44	0.018405 539	0.018487 771	0.018619 185	2,241,5 26	2,101,4 73	7%
7	0.0189272 87	0.018241 214	0.018569 039	0.018579 18	2,236,7 10	2,146,2 44	4%
8	0.0187747 18	0.018463 583	0.018666 528	0.018634 943	2,243,4 24	2,158,1 30	4%
9	0.0186361 16	0.018451 049	0.018732 95	0.018606 705	2,240,0 24	2,172,5 70	3%
10	0.0190600 62	0.019035 554	0.018414 184	0.018836 6	2,267,7 01	2,102,9 27	8%
11	0.0188350 74	0.018550 119	0.018615 695	0.018666 963	2,247,2 78	2,182,0 64	3%
12	0.0185607 37	0.019203 241	0.018431 33	0.018731 769	2,255,0 80	2,184,3 95	3%
Jumlah	120,388 ,000	11748188 8	4.525%				

Lampiran 2
Energi Harian 2009

Hari ke	KOEFSISIEN			Koefisien Rata - Rata Harian Selama 3 Tahun	Energi Harian 2009	Energi Real Harian 2009
	2006	2007	2008			
1	0.15453	0.14484	0.1452497	0.1482038	342,341	259,738
2	0.14529	0.13443	0.1380580	0.1392575	321,675	267,724
3	0.13395	0.12458	0.1285236	0.1290168	298,020	257,709
4	0.14205	0.14425	0.1480092	0.1447711	334,412	300,694
5	0.11651	0.14934	0.1514394	0.1390969	321,305	307,130
6	0.15057	0.15119	0.1525337	0.1514304	349,794	309,694
7	0.15710	0.15138	0.1361862	0.1482234	342,386	310,780
8	0.15051	0.14634	0.1417510	0.1461996	335,694	304,715
9	0.14161	0.13836	0.1386943	0.1395557	320,439	286,762
10	0.12766	0.12597	0.1289769	0.1275346	292,837	262,190
11	0.14269	0.14336	0.1460841	0.1440452	330,748	297,780
12	0.14449	0.14798	0.1472872	0.1465854	336,580	303,972
13	0.14504	0.14935	0.1479312	0.1474418	338,547	302,991
14	0.14800	0.14864	0.1492752	0.1486376	341,293	303,039
Total	120,387,998	117,481,888	5.234%			