

# PROYEKSI KEBUTUHAN DAN PENYEDIAAN ENERGI LISTRIK DI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LEAP

R. Kakka Dewayana P<sup>1</sup>, Dr. Ir. Hermawan, DEA<sup>2</sup>, Karnoto, S.T., M.T.<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

email : boeyunk\_86@yahoo.com

Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak maka penyediaan energi listrik harus dapat menjamin tersedianya dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan semakin meningkat. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin agar penyediaan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai.

Dalam tugas akhir ini penulis melakukan proyeksi jumlah pelanggan, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik di Provinsi Jawa Tengah dengan menggunakan perangkat lunak LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system). Ekspresi yang digunakan untuk melakukan proyeksi dalam perangkat lunak LEAP mengacu pada Model DKL 3.2, yaitu model yang digunakan PLN untuk melakukan proyeksi kebutuhan listrik. Data yang diproyeksikan adalah data-data jumlah pelanggan, dan kebutuhan energi listrik di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2008. Tujuan tugas akhir ini adalah menerapkan Perangkat Lunak LEAP untuk memproyeksikan energi listrik, memproyeksikan jumlah pelanggan listrik, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik di tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 Provinsi Jawa Tengah, dan membandingkan hasil proyeksi jumlah pelanggan, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik tahun 2009 dengan data aktual 2009.

Hasil perhitungan dalam tugas akhir ini untuk proyeksi jumlah total pelanggan dan kebutuhan energi listrik Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2009 hingga 2013 meningkat disetiap tahunnya dengan rata-rata pertumbuhan jumlah pelanggan sebesar 0.059%, dan pertumbuhan kebutuhan energi listrik sebesar 2.04%. Hasil proyeksi Tahun 2009 lebih kecil dari data aktual jumlah pelanggan dan kebutuhan energi listrik Tahun 2009. Perbedaan ini karena dalam memproyeksikan digunakan data PDRB tahun 2007. Perbedaan ini juga memperlihatkan kebutuhan akan listrik dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Proyeksi produksi energi listrik juga meningkat sesuai dengan peningkatan kebutuhan energi listrik. Hasil proyeksi energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dengan perangkat lunak LEAP Tahun 2009 tidak sama dengan energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dalam kondisi aktual Tahun 2009. Hal ini dikarenakan dalam kondisi aktual juga memberikan energi listrik ke Provinsi D.I.Y, perbedaan faktor kapasitas dan perbedaan kebutuhan energi listrik antara proyeksi dengan kondisi aktual.

**Kata kunci** : Proyeksi, energi listrik, Provinsi Jawa Tengah, LEAP, Model DKL 3.2.

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak maka penyediaan energi listrik harus dapat menjamin tersedianya dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan semakin meningkat. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin agar penyediaan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai. Sehubungan dengan hal-hal di atas, maka penulis melakukan proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik di Jawa Tengah di tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 dengan menggunakan perangkat lunak LEAP dalam tugas Akhir ini.

### 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah

1. Menerapkan Perangkat Lunak LEAP untuk memproyeksikan energi listrik.
2. Memproyeksikan jumlah pelanggan listrik, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik di tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 Provinsi Jawa Tengah.
3. Membandingkan hasil proyeksi jumlah pelanggan, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik tahun 2009 dengan data aktual 2009.

### 1.3 Batasan Masalah

Pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Perangkat lunak yang digunakan untuk memproyeksikan adalah LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system) versi 2008.0.0.70.
2. Area atau daerah yang diproyeksikan dalam tugas akhir ini adalah Provinsi Jawa Tengah.
3. Metode yang digunakan adalah Metode DKL 3.2
4. Satuan energi listrik yang digunakan adalah kilowatt-hour (KWh).
5. Data energi listrik yang digunakan adalah data perusahaan listrik di Jawa Tengah tahun 2008.

6. Waktu proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik adalah dari tahun 2009 sampai 2013

7. Hanya memproyeksikan kebutuhan dan penyediaan energi listrik

## II LANDASAN TEORI

### 2.1 Cakupan Perencanaan Energi <sup>[7]</sup>

Perencanaan energi pada dasarnya adalah suatu perkiraan *demand* dan *supply* energi di masa depan.

### 2.2 Analisa Permintaan Energi <sup>[7]</sup>

#### 2.2.1 Keterkaitan Pemakaian Energi dan Perekonomian

Energi adalah kemampuan untuk mengubah dari suatu kondisi ke kondisi yang lain. Perekonomian secara bebas dapat diartikan sebagai kegiatan manusia. Semakin besar volume kegiatan manusia, berarti semakin besar pula kebutuhan energinya.

#### 2.2.2 Elastisitas dan Intensitas Permintaan Energi

Elastisitas permintaan energi adalah suatu ukuran atau parameter yang menyatakan perubahan permintaan energi dengan adanya perubahan parameter yang lain, misalnya: tingkat pendapatan, harga energi, dsb.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \text{volume permintaan energi}}{\Delta \text{pendapatan}} \dots \dots \dots (1)$$

Intensitas pemakaian energi adalah parameter yang menyatakan besarnya pemakaian energi untuk melakukan suatu aktivitas tertentu.

$$I = \frac{\text{volume pemakaian energi}}{\text{volume aktivitas}} \dots \dots \dots (2)$$

### 2.3 Analisa Pemasokan Energi <sup>[4, 1, 2]</sup>

#### 2.3.1 Produksi Energi Listrik

Untuk menghasilkan energi listrik, energi lain diubah menjadi energi gerak yang memutar turbin, baik secara langsung maupun melalui proses pembakaran. Proses ini berlangsung di pembangkit listrik, berikut ini jenis-jenis pembangkit listrik

##### 2.3.1.1 Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA)

Dalam PLTA, potensi tenaga air dikonversikan menjadi tenaga listrik. Biaya operasi PLTA paling rendah, tetapi pembangunannya paling mahal. Keuntungan teknik operasional



**2.4.2 Ekspresi-Ekspresi Dalam LEAP**

Ekspresi adalah formula atau rumus perhitungan untuk melakukan proyeksi suatu variabel. Berikut ini ekspresi-ekspresi dalam leap, *Growth Rate*, *End Year Value*, Ekspresi *Interpolation*, *Time Series Wizard*, *Expression Builder*.

**2.5 Model DKL 3.2** [3]

Model DKL 3.2 digunakan PLN untuk menyusun prakiraan kebutuhan listrik. Pengelompokan pelanggan Model DKL 3.2 dibagi menjadi 4 sektor, yaitu

1. Sektor Rumah tangga (golongan tarif S1, R1, R2, dan R3)
2. Sektor Komersil/Bisnis (golongan tarif B, T, C, dan M)
3. Sektor Publik/Umum (golongan tarif S2, S3, P1, P2 dan P3)
4. Sektor Industri (golongan tarif I1, I2, I3, dan I4)

Berikut ini adalah rumus-rumus Model DKL 3.2

**1. Sektor Rumah Tangga**

$$\text{Jumlah Pelanggan Rumah Tangga} = PRT_{-1} \left( 1 + CFH \times \frac{gE}{100} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan,

$PRT_{-1}$  = Jumlah Pelanggan Rumah Tangga Tahun sebelumnya  
 $gE$  = pertumbuhan PDRB total

$CFH$  = Faktor Pelanggan Rumah Tangga = 1

$$CFH = \frac{\text{pertumbu han pelanggan Ruma h Tangga}}{\text{pertumbu han pelanggan ruma h tangga}} \dots\dots\dots (6)$$

Energi Listrik Rumah Tangga

$$= E. RT_{-1} \left( 1 + eRT \times \frac{gE}{100} \right) + \Delta Pel. RT \times UK \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan,

$E. RT_{-1}$  = Jumlah Energi Listrik Rumah Tangga Tahun sebelumnya  
 $gE$  = pertumbuhan PDRB total

$\Delta Pel. RT$  = Delta Pelanggan Rumah Tangga

$UK$  = Unit Konsumsi (KWh/Pelanggan)

$$eRT = \text{Elastisitas, } eRT = \frac{\text{pertumbu han permintaan energi ruma h tangga}}{\text{pertumbu han PDRB total}} \dots\dots\dots (8)$$

**2. Sektor Industri**

$$\text{Jumlah Pelanggan Industri} = PI_{-1} \left( 1 + CFI \times \frac{gI}{100} \right) \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan,

$PI_{-1}$  = Jumlah Pelanggan Industri Tahun sebelumnya

$gI$  = Pertumbuhan PDRB Industri

$CFI$  = Faktor Pelanggan Industri,

$$CFI = \frac{\text{pertumbu han pelanggan Industri}}{\text{pertumbu han pelanggan ruma h tangga}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Energi Listrik Industri} = E. I_{-1} \left( 1 + eI \times \frac{gI}{100} \right) \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan,

$E. I_{-1}$  = Jumlah Energi Listrik Industri Tahun Sebelumnya

$gI$  = Pertumbuhan PDRB Industri

$$eI = \text{Elastisitas Industri, } eI = \frac{\text{pertumbu han permintaan energi Industri}}{\text{pertumbu han PDRB total}} \dots\dots\dots (12)$$

**3. Sektor Bisnis**

$$\text{Jumlah Pelanggan Bisnis} = PB_{-1} \left( 1 + CFB \times \frac{gB}{100} \right) \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan,

$PB_{-1}$  = Jumlah Pelanggan Bisnis Tahun sebelumnya

$gB$  = Pertumbuhan PDRB Bisnis

$CFB$  = Faktor Pelanggan,

$$CFB = \frac{\text{pertumbu han pelanggan bisnis}}{\text{pertumbu han pelanggan ruma h tangga}} \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{Energi Listrik Bisnis} = E. B_{-1} \left( 1 + eB \times \frac{gB}{100} \right) \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan,

$E. B_{-1}$  = Jumlah Energi Listrik Bisnis Tahun Sebelumnya

$gB$  = Pertumbuhan PDRB Bisnis

$$eB = \text{Elastisitas Bisnis, } eB = \frac{\text{pertumbu han permintaan energi bisnis}}{\text{pertumbu han PDRB total}} \dots\dots\dots (16)$$

**4. Sektor Umum**

$$\text{Jumlah Pelanggan Umum} = PP_{-1} \left( 1 + CFP \times \frac{gP}{100} \right) \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan,

$PP_{-1}$  = Jumlah Pelanggan Umum Tahun sebelumnya

$gP$  = Pertumbuhan PDRB Umum

$CFP$  = Faktor Pelanggan,

$$CFP = \frac{\text{pertumbu han pelanggan Umum}}{\text{pertumbu han pelanggan ruma h tangga}} \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{Energi Listrik Umum} = E. P_{-1} \left( 1 + eP \times \frac{gP}{100} \right) \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan,

$E. P_{-1}$  = Jumlah Energi Listrik Umum Tahun Sebelumnya

$gP$  = Pertumbuhan PDRB Umum

$$eP = \text{Elastisitas Umum, } eP = \frac{\text{pertumbu han permintaan energi umum}}{\text{pertumbu han PDRB total}} \dots\dots\dots (20)$$

Proyeksi energi yang diproduksi dan beban puncak dirumuskan sebagai berikut,

$$\text{Energi produksi } (Pt) = \frac{Et}{(1-Lt)} \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan,

$Lt$  = Rugi-rugi transmisi dan distribusi pada tahun t

$Et$  = Total Kebutuhan konsumsi energi pada tahun t, dimana

$$Et = Eht + EIt + EBt + EPt \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan,

$Eht$  = Konsumsi energi sektor rumah tangga pada tahun t

$EIt$  = Konsumsi energi sektor industri pada tahun t

$EBt$  = Konsumsi energi sektor bisnis pada tahun t

$EPt$  = Konsumsi energi sektor umum pada tahun t

$$\text{Beban puncak } (PL) = \frac{Pt}{(8760 \times LF)} \dots\dots\dots (23)$$

Keterangan,

$PL$  = Beban puncak

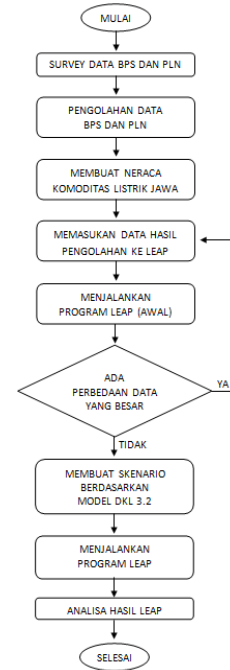
$Pt$  = Total Energi Produksi pada tahun t

$LF$  = Faktor Beban pada tahun t

**BAB III METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir (Flowchart)**

Secara garis besar penyusunan Laporan Tugas Akhir ini digambarkan melalui diagram Alir (*Flowchart*) berikut ini .



Gambar 3 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

**3.1.1 Survey Data**

Data-data berasal dari instansi-instansi seperti Badan Pusat Statistik (BPS) dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) ataupun sumber-sumber lain seperti buku-buku yang berkaitan, artikel-artikel, dan internet

**3.1.2 Pengolahan Data**

Pengolahan data terdiri dari 3 tahapan yaitu,

1. Pengolahan data kelistrikan berdasarkan Metode Pendekatan Badan Pusat Statistik (BPS)
2. Pengolahan Data Berdasarkan Model DKL 3.2
3. Intensitas

**3.1.2.1 Pengolahan Data Kelistrikan Berdasarkan Metode Pendekatan Badan Pusat Statistik (BPS)**

Data-data pelanggan dan kebutuhan energi listrik per UPJ diolah menjadi data kabupaten atau kota berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3 Metode pendekatan yang digunakan oleh BPS

APJ	UPJ	KABUPATEN/KOTA	APJ	UPJ	KABUPATEN/KOTA
SEMARANG	SEMARANG TENGAH	KOTA SEMARANG	MAGELANG	MAGELANG KOTA	KOTA MAGELANG
	SEMARANG TIMUR			TEGALREJO	KAB. MAGELANG
	SEMARANG BARAT			MUNTILAN	
	SEMARANG SELATAN			TEMANGGUNG	TEMANGGUNG
	DEMAK	DEMAK		PARAKAN	
	KENDAL	KENDAL		PURWOREJO	PURWOREJO
	BOJA			KUTUHARJO	
	WELIJE		SALATIGA	SALATIGA	KOTA SALATIGA
	PURWODADI	GROBOGAN		AMBARAWA	KAB. SEMARANG
	TEGOWANU			LINGSARAN	
SURABAYA	SURABAYA KOTA	KOTA SURABAYA	KLATEN	KLATEN KOTA	KLATEN
	MANJARAN			TULUNG	
	SURABAYA	SURABAYA		DELANDU	
	SURABAYA WANG	SURABAYA		PEJAN	
	KARANGANYAR	KARANG ANYAR		BOYDLALI	BOYDLALI
	WONOREJO	WONOREJO	PEKALONGAN	PEKALONGAN KOTA	KOTA PEKALONGAN
	JATISURAB			WIRADESA	KAB. PEKALONGAN
	KARTASURA	SUKOHARJO		KEJURUWUNI	
	PALER			BATANG	BATANG
	GROGOL		CILACAP	CILACAP KOTA	CILACAP
	SUKOHARJO	WONOSOBO		KROYA	
PURWOKERTO	WONOSOBO	WONOSOBO		MAENANG	
	PURBALINGGA	PURBALINGGA		SIDAREJO	
	BANJARNEGARA	BANJARNEGARA		KESUMEN	KESUMEN
	WANGUN	BANTULMAS		GOMBONG	
	AJABARANG		TEGAL	TEGAL KOTA	KOTA TEGAL
	BANTULMAS			TEGAL TIMUR	
	PURWOKERTO KOTA				KAB. TEGAL
KUDUS	KUDUS KOTA	KUDUS		SLAWI	
	PATI	PATI		BLAPUJANG	
	JUWANA			BREBES	BREBES
	REMBANG	REMBANG		BUMAYU	
	BANESRI	JEPARA		JATIBARANG	
	JEPARA		PEMALANG	PEMALANG	PEMALANG
	BLORA	BLORA		COMAL	
	CEPU			KANDIDONGKAL	

3.1.2.2 Pengolahan Data Berdasarkan Model DKL 3.2

Data Kabupaten dan Kota diolah menjadi data-data yang sesuai dengan pengelompokan pelanggan Model DKL 3.2

3.1.2.3 Intensitas

Mengolah menjadi data intensitas berdasarkan rumus intensitas (rumus nomor 2).

3.1.3 Neraca Komoditas Listrik

Neraca Komoditas Listrik adalah suatu tabel yang menggambarkan kesetimbangan antara penyediaan dan pemakaian energi listrik dalam satuan aslinya misal kWh, MWh, dan GWh.

3.1.4 Memasukkan Data Hasil Pengolahan Ke Perangkat Lunak LEAP

Dalam bagian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu,

1. Membuat Area Baru dan Pengaturan Parameter Dasar
2. Membuat Tree permintaan dan memasukkan data permintaan
3. Membuat Tree Transformasi dan memasukan data transformasi.

3.1.5 Menjalankan Program LEAP Awal

Fungsi dari menjalankan program LEAP awal adalah untuk mengetahui data yang dimasukkan dalam LEAP sesuai dengan data yang sudah diolah.

3.1.6 Membuat Skenario

Bagian yang diskenarikan adalah permintaan dan pembangkit listrik yang akan mulai beroperasi pada selang waktu yang ditentukan (2009-2013).

3.1.7 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan yang dilakukan adalah membandingkan hasil program dengan hasil perhitungan secara manual.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Neraca Komoditas Listrik

Dari data-data yang sudah diolah dapat ditentukan Neraca Komoditas Listrik sebagai berikut,

Tabel 4 Neraca Komoditas Listrik

NERACA KOMODITAS LISTRIK (KWh)		
1	Pasokan Energi Primer	(850.493.302)
	a. Produksi	0
	b. Impor	0
	c. Ekspor	(850.493.302)
2	Transformasi Energi	14.557.342.320
	a. Pembangkit Listrik	14.557.342.320
3	Penggunaan Rugi-Rugi	(1.071.420.395)
	a. Transmisi & Distribusi	(1.071.420.395)
4	Pasokan Energi Final	12.635.428.623
5	Perbedaan Statistik	0
6	Konsumsi Energi Final	12.635.428.623
	a. Rumah Tangga	5.924.050.038
	b. Bisnis	1.291.292.501
	c. Industri	4.528.950.557
	d. Umum	891.135.527

4.2 Skenario

Untuk level aktivitas dan intensitas energi final di tiap sektor diskenariokan dengan rumus DKL 3.2. Untuk pembangkit diskenariokan pada tahun 2010 PLTUB Rembang akan beroperasi, dan pada tahun 2013 PLTP Semarang akan beroperasi.

Berikut ini variabel-variabel tambahan yang dimasukkan ke perangkat lunak LEAP pada bagian modul asumsi kunci

Tabel 7 Asumsi kunci

VARIABEL-VARIABEL	NILAI
Pertumbuhan PDRB	5,59%
Pertumbuhan PDRB Industri	5,47%
Pertumbuhan PDRB Bisnis	5,03%
Pertumbuhan PDRB Umum	7,50%
Elastisitas Rumah Tangga	1,09
Elastisitas Industri	1,04
Elastisitas Bisnis	2,40
Elastisitas Umum	2,22
Faktor Pelanggan Rumah Tangga	1
Faktor Pelanggan Industri	0,59
Faktor Pelanggan Bisnis	2,14
Faktor Pelanggan Umum	1,26
Delta Pelanggan Rumah Tangga	223384
Unit Konsumsi	1022,36
Jumlah Energi Rumah Tangga 2008	5924050038

Tabel 8 Skenario untuk pembangkit

PEMBANGKIT	BAGIAN	SKENARIO
PLTUB Rembang	Kapasitas Eksogenus	Step(2010,630)
PLTP Semarang	Kapasitas Eksogenus	Step(2013,60)

4.3 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan mencakup proyeksi jumlah pelanggan, kebutuhan energi, dan energi yang diproduksi.

4.3.1 Proyeksi Jumlah Pelanggan Jawa Tengah

Proyeksi jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga dengan perhitungan biasa dicontohkan sebagai berikut.

$$\text{Pelanggan RT 2009} = 5.794.494 \times \left\{ 1 + \left( \frac{1 \times 5.59\%}{100} \right) \right\}$$

$$= 5.797.733,12 \approx 5.797.733 \text{ pelanggan}$$

Berikut ini ditunjukkan untuk proyeksi jumlah pelanggan masing-masing sektor hingga tahun 2013

Tabel 9 Proyeksi pelanggan listrik Provinsi Jawa Tengah tiap sektor dengan perhitungan biasa

SEKTOR	2009	2010	2011	2012	2013
R. Tangga	5.797.733	5.800.974	5.804.216	5.807.461	5.810.707
Industri	4.395	4.396	4.398	4.399	4.401
Bisnis	188.310	188.513	188.716	188.919	189.122
Umum	186.737	186.913	187.090	187.267	187.444
Total	6.177.175	6.180.796	6.184.420	6.188.046	6.191.674

Berdasarkan Tabel 9 Rata-rata pertumbuhan pelanggan total tiap tahun adalah sebesar 0.059%.

Proyeksi pelanggan total tiap sektor yang didapatkan dari menjalankan program LEAP ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 10 Proyeksi pelanggan listrik total tiap sektor dengan LEAP

SEKTOR	2009	2010	2011	2012	2013
R. Tangga	5.797.733	5.800.974	5.804.217	5.807.461	5.810.708
Industri	4.395	4.397	4.398	4.400	4.401
Bisnis	188.310	188.513	188.716	188.919	189.123
Umum	186.737	186.914	187.090	187.267	187.444
Total	6.177.176	6.180.798	6.184.422	6.188.047	6.191.676

Berdasarkan Tabel 10 rata-rata pertumbuhan pelanggan total tiap tahun adalah sebesar 0.059%.

Tabel 11 Selisih pelanggan antara perhitungan biasa dan perhitungan LEAP

TAHUN	Δ RUMAH TANGGA	Δ INDUSTRI	Δ BISNIS	Δ UMUM
2009	0	0	0	0
2010	0	1	0	1
2011	1	0	0	0
2012	0	1	0	0
2013	1	0	1	0

Terlihat pada tabel 11 ada selisih yang muncul. Hal ini dikarenakan jumlah pelanggan tidak mungkin koma (,) jadi dalam perhitungan biasa semua nilai dibelakang koma dibulatkan begitu

juga dalam LEAP nilainya secara otomatis dibulatkan ke atas atau ke bawah (0.1 – 0.4 dibulatkan ke bawah, 0.5 – 0.9 dibulatkan ke atas). Berikut ini adalah data aktual jumlah pelanggan PLN Tahun 2009.

Tabel 12 Data aktual Jumlah Pelanggan PLN Tahun 2009

JUMLAH PELANGGAN TAHUN 2009			
RUMAH TANGGA	INDUSTRI	BISNIS	UMUM
600.2195	4.482	196.806	195.079

Sumber : PLN

Jumlah pelanggan aktual PLN Tahun 2009 lebih besar dari pada proyeksi jumlah pelanggan tahun 2009 dengan perhitungan biasa ataupun LEAP. Dalam proyeksi skenario yang digunakan berasal dari Buku Jawa Tengah dalam Angka 2008 dimana PDRBnya adalah PDRB tahun 2007. Perbedaan ini memperlihatkan kebutuhan akan listrik yang tinggi, pembangunan-pembangunan yang berkembang dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi.

#### 4.3.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Jawa Tengah

Proyeksi kebutuhan energi untuk sektor rumah tangga dengan perhitungan biasa dicontohkan sebagai berikut. Misal proyeksi kebutuhan energi pada tahun 2009,

Kebutuhan energi Rumah Tangga 2009

$$= [5.924050.038 \times \{1 + (\frac{1.09 \times 5.59\%}{100})\}] + (223.384 \times 1.022,36)$$

$$= 6.156.038.487 \text{ kWh}$$

Berikut ini ditunjukkan untuk proyeksi kebutuhan energi masing-masing sektor hingga tahun 2013

Tabel 13 Proyeksi kebutuhan energi Provinsi Jawa Tengah dengan perhitungan biasa

SEKTOR	2009	2010	2011
Rumah Tangga	6.156.038.487	6.388.168.289	6.620.439.530
Industri	4.531.526.986	4.534.104.881	4.536.684.243
Bisnis	1.292.851.349	1.294.412.079	1.295.974.694
Umum	892.619.268	894.105.479	895.594.164
Total	12.873.036.091	13.110.790.729	13.348.692.631
SEKTOR	2012	2013	
Rumah Tangga	6.852.852.297	7.085.406.674	
Industri	4.539.265.072	4.541.847.369	
Bisnis	1.297.539.194	1.299.105.584	
Umum	897.085.329	898.578.976	
Total	13.586.741.892	13.824.938.603	

Berdasarkan Tabel 13 rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi Jawa Tengah tiap tahun adalah sebesar 1,80%.

Sedangkan proyeksi kebutuhan energi total tiap sektor yang didapatkan dari menjalankan program LEAP ditunjukkan oleh tabel berikut

Tabel 14 Proyeksi kebutuhan energi Provinsi Jawa Tengah dengan LEAP

SEKTOR	2009	2010	2011
Rumah Tangga	6.163.999.895	6.413.668.765	6.673.450.313
Industri	4.531.532.284	4.534.110.183	4.536.689.547
Bisnis	1.292.851.449	1.294.412.180	1.295.974.794
Umum	892.619.367	894.105.578	895.594.264
Total	12.881.002.995	13.136.296.705	13.401.708.918
SEKTOR	2012	2013	
Rumah Tangga	6.943.754.146	7.225.006.463	
Industri	4.539.270.379	4.541.852.679	
Bisnis	1.297.539.295	1.299.105.684	
Umum	897.085.428	898.579.075	
Total	13.677.649.248	13.964.543.902	

Berdasarkan Tabel 14 rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi total tiap tahun adalah sebesar 2,04%. Berikut ini ditunjukkan selisih antara perhitungan biasa dengan LEAP.

Tabel 15 Selisih kebutuhan energi antara perhitungan biasa dan LEAP

TAHUN	Δ RUMAH TANGGA	Δ INDUSTRI	Δ BISNIS	Δ UMUM
2009	7.961.408	5.298	100	99
2010	25.500.476	5.302	101	99
2011	53.010.783	5.304	100	100
2012	90.901.849	5.307	101	99
2013	139.599.789	5.310	100	99

Pada tabel 15 ada selisih yang muncul. Hal ini dikarenakan dalam LEAP yang diproyeksikan adalah intensitas energi. Sehingga untuk memproyeksikan energi dilakukan dengan cara menggunakan 2 rumus yaitu rumus pelanggan dan rumus kebutuhan energi. Dalam LEAP proyeksi energi yang dihasilkan merupakan perkalian antara proyeksi intensitas dengan proyeksi pelanggan. Jadi semakin besar jumlah pelanggan, intensitas dan tahun proyeksi, semakin besar pula selisih yang dihasilkan. Berikut ini adalah data aktual kebutuhan energi PLN Tahun 2009.

Tabel 16 Data aktual kebutuhan energi PLN Tahun 2009

KEBUTUHAN ENERGI TAHUN 2009			
RUMAH TANGGA	INDUSTRI	BISNIS	UMUM
6.424.319.568	4.527.128.866	1.509.312.486	934.574.397

Sumber : PLN

Kebutuhan energi aktual PLN Tahun 2009 merupakan jumlah kumulatif kebutuhan energi Tahun 2009 dari Bulan Januari hingga bulan Desember. Terlihat kebutuhan energi aktual lebih besar dari hasil proyeksi kebutuhan energi listrik. Dalam proyeksi skenario yang digunakan berasal dari Buku Jawa Tengah dalam Angka 2008 dimana PDRBnya adalah PDRB tahun 2007. Perbedaan ini memperlihatkan kebutuhan akan listrik yang tinggi, pembangunan-pembangunan yang berkembang dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi.

#### 4.3.3 Energi yang Diproduksi

Contoh perhitungan energi yang diproduksi pada tahun 2009,

$$\text{Energi yang diproduksi} = \frac{12.873.036.091}{(1-7.36\%)}$$

$$= 13.895.764.346 \text{ KWh}$$

Berikut ini tabel proyeksi energi yang diproduksi dalam KWh

Tabel 17 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit dalam KWh

2009	2010	2011	2012	2013
13.895.764.346	14.152.407.954	14.409.210.526	14.666.172.163	14.923.292.965

Berikut ini ditunjukkan proyeksi total energi yang diproduksi oleh pembangkit-pembangkit di Jawa Tengah.

Tabel 18 Proyeksi total energi yang dihasilkan pembangkit-pembangkit di Jawa Tengah (kWh)

2009	2010	2011	2012	2013
13.895.770.282	14.162.067.843	14.438.562.252	14.725.652.584	15.023.753.542

Berikut ini selisih proyeksi jumlah energi listrik yang diproduksi antara perhitungan biasa dan LEAP.

Tabel 20 Perbandingan proyeksi jumlah energi listrik yang diproduksi antara hasil program LEAP dan hasil perhitungan biasa dalam kWh

	2009	2010	2011	2012	2013
Δ	5.936	9.659.889	29.351.726	59.480.421	100.460.577

Terlihat pada tabel 20 ada selisih yang muncul. Hal ini berhubungan dengan proyeksi kebutuhan energi, karena energi yang produksi digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi baik dengan perhitungan maupun dengan LEAP. Jadi nilai yang dihasilkan disesuaikan dengan nilai total kebutuhan energi.

Contoh perhitungan biasa beban puncak pada tahun 2009,

$$\text{Beban puncak} = \frac{13.895.764.346 \text{ kWh}}{68.72\%}$$

$$= 2.308.300,64 \text{ kW}$$

$$= 2.308,30 \text{ MW}$$

Dengan cara yang sama dapat ditentukan beban puncak pada tahun yang berbeda. Berikut ini tabel proyeksi beban puncak dengan perhitungan dan dengan LEAP dalam MW.

Tabel 21 Proyeksi beban puncak dalam MW

BEBAN PUNCAK	2009	2010	2011	2012	2013
PERHITUNGAN	2.308,30	2.350,93	2.393,59	2.436,28	2.478,99
LEAP	2365,89	2411,23	2458,31	2507,19	2557,94
Δ Beban Puncak	57,59	60,30	64,72	70,91	78,95

Dari tabel 21 terdapat selisih antara perhitungan dan LEAP. Selisih tersebut meningkat dari tahun ke tahun. Untuk energi yang diproduksi tiap pembangkit didapatkan dengan mengalikan antara kapasitas terpasang dan faktor kapasitas. Misalkan PLTP Dieng,

$$\text{Energi yang diproduksi} = 60 \times 73\% \times 8760 \text{ (MWh)}$$

$$= 383,688 \text{ MWh} = 383,688,000 \text{ kWh}$$

Energi yang diproduksi tiap-tiap pembangkit yang ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 22 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit dan IBT dalam kWh dengan perhitungan biasa

PEMBANGKIT	2009	2010	2011
PLTU Tambak Lorok	1.057.820.840	345.872.500	365.390.380
PLTGU Tambak Lorok	6.551.926.605	4.266.862.365	4.447.710.935
PLTUB Cilacap	3.942.000.000	3.942.000.000	3.942.000.000
PLTG Cilacap	44.318.740	17.935.180	17.935.180
PLTP Dieng	383.688.000	383.688.000	383.688.000
PLTA Mrica	515.022.300	515.022.300	515.022.300
PLTA Jelok	58.078.800	58.078.800	58.078.800
PLTA Timo	34.164.000	34.164.000	34.164.000
PLTA Ketenger	28.612.350	28.612.350	28.612.350
PLTA Garung	75.160.800	75.160.800	75.160.800
PLTA Wadaslintang	47.829.600	47.829.600	47.829.600
PLTA Lain Distribusi	94.235.700	94.235.700	94.235.700
PLTUB Rembang	-	4.139.100.000	4.139.100.000
PLTUP Semarang	-	-	-
IBT Pedan Ungaran	1.074.424.380	215.577.060	272.209.750
PEMBANGKIT	2012	2013	
PLTU Tambak Lorok	386.757.080	380.808.800	
PLTGU Tambak Lorok	4.626.842.475	4.511.007.315	
PLTUB Cilacap	3.942.000.000	3.942.000.000	
PLTG Cilacap	17.935.180	17.935.180	
PLTP Dieng	383.688.000	383.688.000	
PLTA Mrica	515.022.300	515.022.300	
PLTA Jelok	58.078.800	58.078.800	
PLTA Timo	34.164.000	34.164.000	
PLTA Ketenger	28.612.350	28.612.350	
PLTA Garung	75.160.800	75.160.800	
PLTA Wadaslintang	47.829.600	47.829.600	
PLTA Lain Distribusi	94.235.700	94.235.700	
PLTUB Rembang	4.139.100.000	4.139.100.000	
PLTUP Semarang	-	383.688.000	
IBT Pedan Ungaran	328.884.410	324.315.840	

Sedangkan dalam LEAP dihasilkan nilai energi yang diproduksi tiap-tiap pembangkit seperti tabel berikut.

Tabel 23 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit Jawa Tengah dan IBT dalam kWh (LEAP)

PEMBANGKIT	2009	2010	2011
PLTU Tambak Lorok	1.040.858.007	348.123.167	370.873.789
PLTGU Tambak Lorok	6.497.461.973	4.199.208.134	4.390.778.333
PLTUB Cilacap	3.942.000.000	3.942.000.000	3.942.000.000
PLTG Cilacap	44.318.740	17.935.180	17.935.180
PLTP Dieng	383.688.000	383.688.000	383.688.000
PLTA Mrica	515.022.300	515.022.300	515.022.300
PLTA Jelok	58.078.800	58.078.800	58.078.800
PLTA Timo	34.164.000	34.164.000	34.164.000
PLTA Ketenger	28.612.350	28.612.350	28.612.350
PLTA Garung	75.160.800	75.160.800	75.160.800
PLTA Wadaslintang	47.829.600	47.829.600	47.829.600
PLTA Lain Distribusi	94.235.700	94.235.700	94.235.700
PLTUB Rembang	-	4.139.100.000	4.139.100.000
PLTUP Semarang	-	-	-
IBT Pedan Ungaran	1.134.340.011	278.909.812	341.083.400
PEMBANGKIT	2012	2013	
PLTU Tambak Lorok	394.807.740	392.328.418	
PLTGU Tambak Lorok	4.589.378.486	4.500.514.847	
PLTUB Cilacap	3.942.000.000	3.942.000.000	
PLTG Cilacap	17.935.180	17.935.180	
PLTP Dieng	383.688.000	383.688.000	
PLTA Mrica	515.022.300	515.022.300	
PLTA Jelok	58.078.800	58.078.800	
PLTA Timo	34.164.000	34.164.000	
PLTA Ketenger	28.612.350	28.612.350	
PLTA Garung	75.160.800	75.160.800	
PLTA Wadaslintang	47.829.600	47.829.600	
PLTA Lain Distribusi	94.235.700	94.235.700	
PLTUB Rembang	4.139.100.000	4.139.100.000	
PLTUP Semarang	-	383.688.000	
IBT Pedan Ungaran	405.639.628	411.395.547	

Tabel 24 Perbandingan proyeksi energi listrik yang diproduksi setiap pembangkit antara hasil program LEAP dan hasil perhitungan dalam kWh

PEMBANGKIT	2009	2010	2011
	Δ	Δ	Δ
PLTU TAMBAK LOROK	16.962.833	2.250.667	5.483.409
PLTGU TAMBAK LOROK	54.464.632	67.654.231	56.932.602
PLTUB CILACAP	0	0	0
PLTG CILACAP	0	0	0
PLTP DIENG	0	0	0
PLTA MRICA	0	0	0
PLTA JELOK	0	0	0
PLTA TIMO	0	0	0
PLTA KETENGER	0	0	0
PLTA GARUNG	0	0	0
PLTA WADASLINTANG	0	0	0
PLTA LAIN DISTRIBUSI	0	0	0
PLTUB REMBANG	0	0	0
PLTUP SEMARANG	0	0	0
IBT PEDAN UNGARAN	59.915.631	63.332.752	68.873.650
PEMBANGKIT	2012	2013	
	Δ	Δ	
PLTU TAMBAK LOROK	8.050.660	11.519.618	
PLTGU TAMBAK LOROK	37.463.989	10.492.468	
PLTUB CILACAP	0	0	
PLTG CILACAP	0	0	
PLTP DIENG	0	0	
PLTA MRICA	0	0	
PLTA JELOK	0	0	
PLTA TIMO	0	0	
PLTA KETENGER	0	0	
PLTA GARUNG	0	0	
PLTA WADASLINTANG	0	0	
PLTA LAIN DISTRIBUSI	0	0	
PLTUB REMBANG	0	0	
PLTUP SEMARANG	0	0	
IBT PEDAN UNGARAN	76.755.218	87.079.707	

Tabel 24 terdapat selisih, diantaranya adalah IBT Pedan Ungaran, PLTGU tambak lorok dan PLTU Tambak Lorok. Karena pemasok tersebut hanya digunakan untuk memasok waktu beban menengah/puncak dan perbedaan jumlah kebutuhan energi dan kebutuhan beban puncak antara perhitungan dan LEAP.

Berikut ini ditunjukkan energi listrik yang diproduksi akhir tahun 2009 yang didapatkan dari penjumlahan energi listrik aktual yang diproduksi triwulan III dengan energi rata-rata perbulan.

Tabel 26 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit Jawa Tengah Tahun 2009

PEMBANGKIT	ENERGI PRODUKSI (kWh)
PLTA	898.785.524
PLTU	939.561.568
PLTGU	2.564.943.445
PLTG	1.186.283
PLTP DIENG	123.648.960
PLTU CILACAP	3.309.065.837
IBT PEDAN DAN UNGARAN	8.577.259.867

Sumber : P3B

Tabel 27 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit dengan LEAP tahun 2009 dengan faktor kapasitas sesuai dengan teori

PEMBANGKIT	ENERGI PRODUKSI (kWh)
PLTA	853.103.550
PLTU	1.040.858.007
PLTGU	6.497.461.973
PLTG	44.318.740
PLTP DIENG	383.688.000
PLTU CILACAP	3.942.000.000
IBT PEDAN DAN UNGARAN	1.134.340.011

Terdapat perbedaan antara data aktual dengan perhitungan LEAP. Karena dalam LEAP perhitungan menyesuaikan faktor kapasitas teori yang ada. Sedangkan dalam kondisi aktual dipengaruhi oleh faktor ketersediaan pembangkit. Berikut perhitungan dengan LEAP dimana faktor kapasitas adalah perhitungan dari data aktual. Contoh faktor kapasitas PLTU Tambak Lorok,

$$\text{Faktor kapasitas} = \frac{704.671.176,12}{\frac{300 \text{ MW} \times 6480 \times 1000}{704.671.176,12}} \times 100\%$$

$$= \frac{704.671.176,12}{1.944.000.000} \times 100\% = 36,25 \%$$

Berikut ini ditunjukkan faktor kapasitas pembangkit

Tabel 28 Faktor Kapasitas berdasarkan data aktual

PEMBANGKIT	FAKTOR KAPASITAS (%)
PLTU Tambak Lorok	36,25%
PLTGU Tambak Lorok	28,71%
PLTUB Cilacap	63,83%
PLTG Cilacap	0,25%
PLTP Dieng	23,91%
PLTA Mrica	34,72%
PLTA Jelok	34,72%
PLTA Timo	34,72%
PLTA Ketenger	34,72%
PLTA Garung	34,72%
PLTA Wadasintang	34,72%
PLTA Lain Distribusi	34,72%
IBT Pedan Ungaran	62,05%

Hasil perhitungan LEAP dengan faktor kapasitas berdasarkan data aktual.

Tabel 29 Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit dengan LEAP tahun 2009 dengan faktor kapasitas berdasarkan data aktual

PEMBANGKIT	ENERGI PRODUKSI (kWh)
PLTA	911.377.085
PLTU	952.650.000
PLTGU	2.600.254.364
PLTG	1.403.790
PLTP DIENG	125.670.960
PLTU CILACAP	3.354.904.800
IBT PEDAN DAN UNGARAN	5.473.947.228

Terlihat perbedaan untuk IBT PEDAN dan Ungaran, perbedaan ini disebabkan karena dalam LEAP area yang dikaji adalah Provinsi Jawa Tengah tidak termasuk DIY, sedangkan dalam kondisi aktual, IBT Pedan Ungaran memasok kebutuhan energi listrik Provinsi Jawa Tengah dan DIY.

## V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- LEAP dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah pelanggan, kebutuhan energi listrik dan energi listrik yang diproduksi.
- Hasil proyeksi jumlah total pelanggan dan kebutuhan energi listrik Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2009 hingga 2013 meningkat disetiap tahunnya dengan rata-rata pertumbuhan jumlah pelanggan sebesar 0.059%, dan pertumbuhan kebutuhan energi listrik sebesar 2.04%.
- Hasil proyeksi jumlah pelanggan dan kebutuhan energi listrik dengan perangkat lunak LEAP lebih kecil dari data aktual jumlah pelanggan dan kebutuhan energi listrik. Perbedaan ini karena dalam memproyeksikan digunakan data PDRB tahun 2007 dan memperlihatkan bahwa kebutuhan akan listrik dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi.
- Hasil proyeksi energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dengan perangkat lunak LEAP tidak sama dengan energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dalam kondisi aktual. Hal ini dikarenakan dalam kondisi aktual juga memberikan energi listrik ke Provinsi D.I.Y, perbedaan faktor kapasitas dan perbedaan kebutuhan energi listrik antara proyeksi dengan kondisi aktual.

### 5.2 Saran

- Untuk mendapatkan hasil proyeksi dengan selisih yang semakin kecil dapat dilakukan dengan menggunakan satuan GWh.
- Untuk meningkatkan produksi pembangkit dapat dilakukan dengan cara meningkatkan faktor kapasitas pembangkit.
- Perangkat lunak LEAP dapat juga digunakan untuk memproyeksikan energi-energi yang lain, dimodelkan sesuai dengan keinginan pengguna dan dapat juga digunakan untuk melihat dampak emisi dari energi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Breche, Paul, "Power Generation Technologies", Newnes, 2005
- Allen J. Wood and Bruce F W, "Power Generation, Operation and Control Second Edition", John Wiley & Sons, Inc, 1996.

- Hermawan, Karnoto, "Buku Manual Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik", Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, Maret 2008.
- Ir. Djiteng Marsudi, "Pembangkitan Energi Listrik", Erlangga, 2005.
- Ir. Sulasno, "Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, Januari 2001.
- Oetomo Tri Winarno, "LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) : Panduan Perencanaan Energi", CAREPI project, November 2006.
- Oetomo Tri Winarno, "Perencanaan Energi & Profil Energi", CAREPI project, Maret 2007.
- ...., "Data dan Statistik Tahun 2007 PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY", PT. PLN PERSERO, Juli 2007.
- ...., "Data dan Statistik Tahun 2008 PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY", PT. PLN PERSERO, Juli 2008.
- ...., Rencana Umum Pengelolaan Energi Daerah Provinsi Jawa Tengah, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Jawa Tengah, 2005.
- en.wikipedia.org/wiki/LEAP
- Help for LEAP
- <http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/06/27/04172481/pltu..rembang.siap.dinyalakan.awal.juli.2009>.
- <http://hdks.pln-jawa-bali.co.id/app4/system.php?fnp=1&setdate=2010-01-05&sSession=TEMP-XXXXXX-OutrnjVqrNyiTFsERLHzmHvTiqksmYi&sys=LDC&regcode=10103&setdate=2009-1-1>
- <http://www.inilah.com/berita/ekonomi/2009/11/22/183588/pltu-ungaran-dibangun-2010/>
- <http://www.seib.org/leap/>
- [www.energycommunity.org/default.asp?action=47](http://www.energycommunity.org/default.asp?action=47)
- www.wikipedia.org
- ...., "Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2006-2026", Departemen Energi dan Sumber daya mineral, 2006.
- ...., "Tinjauan PDRB Kabupaten/Kota Se-Jawa Tengah 2007", BPS Provinsi Jawa Tengah dan BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah, Oktober 2008.
- Bidang Neraca Wilayah dan Analisis, "Jawa Tengah Dalam Angka 2008", BPS Provinsi Jawa Tengah dan BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah, Oktober 2008.

## BIODATA PENULIS



R. Kakka Dewayana P  
L2F 004 500 - Ketenagaan  
Dilahirkan di Semarang 15 Mei 1986. Telah menempuh pendidikan di TK PGRI 04 Ngalian, SD Ngalian 02, SLTPN 1 Semarang, SMUN 3 Semarang dan sekarang ini sedang menempuh pendidikan Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hermawan, DEA  
NIP. 131 598 857

Karnoto, S.T. M.T.  
NIP. 132 162 547