# ANALISIS PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ECONOMETRIC

Andro Cahyo Wibowo*), Hermawan, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jalan Prof.Soedarto, Tembalang, Semarang, Indonesia

*)*E-mail : acahyow@gmail.com*

## Abstrak

Ketersediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting. Energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik. Pembuatan perencanaan proyeksi tugas akhir ini penulis menggunakan software SEEx(Simple Econometric Extended) dimana terintergrasi dengan Microsoft Exel 2000-2007. Pembuatan perencanaan dilakukan pada wilayah Indonesia dan Jawa Tengah tahun 2014-2019 dengan penyelesaian persamaan menggunakan exponensial dan pengembangan model DKL3.2. Variabel bebas yang digunakan meliputi PDRB, Harga listrik dan jumlah pelanggan. Proyeksi ini menganalisis mengenai perhitungan tambahan daya, selisih error antara hasil proyeksi energi listrik terhadap dokumen RUPTL dengan metode MAPE, serta melakukan analisis sensitivitas pada masing masing wilayah proyeksi. Hasil perencanaan menggunakan Simple-E menghasilkan proyeksi jumlah pelanggan, konsumsi pertumbuhan dan daya tersambung sebesar yaitu 4,4%, 7,7%, dan 4,3% per tahun, pada Jawa Tengah sebesar 4,4%, 7,7% dan 6,7% .Daya tambahan untuk indonesia sebesar 37.370 MW dan Jawa Tengah sebesar 390 MW. Sementara diperoleh perhitungan error dengan MAPE dari perbandingan hasil proyeksi konsumsi listrik dengan RUPTL rata- rata sebesar 0,0141% pada Indonesia dan 3,6% pada Jawa Tengah. Sensitivitas pada hasil persamaan menunjukan bahwa PDB dominan berpengaruh terhadap konsumsi listrik,selanjutnya pelanggan dan harga listrik.

*Kata Kunci : Kebutuhan energi listrik, Proyeksi, Simple-E, RUPTL, MAPE,sensitivitas*

## Abstract

Availability of electrical energy is a very important. Availability electrical energy will accelerate regional development such as industrial, commercial, public services and also the quality of life, it is indicated by increasing number of people who uses electricity.This projection planning was carried out by using Software SEEx(Simple Econometric Extended ) integrated with Microsoft Excel 2000-2007. Projectoin planning was carried out in Indonesia and Central Java for 2014-2019 uses solutions of equation exponential and development model DKL3.2. Independent variable was used include PDB, prices electricity and number of costomer. This projectoin analysis of calculation power, difference error from the projection of electric energy to a document RUPTL uses MAPE and sensitivity analysis in each region of the projection. Result of Simple-E software showed projected number of customers, electrical energy consumption and power connected in all sectors as region of Indonesia is growth 4,4%, 7,7%, dan 4,3% per years, at Central Java is 4,4%, 7,7% and 6,7% . Additional power of Indonesia amounted to 37. 370 MW and Central Java at 390 MW. While the calculation error with MAPE obtained from the comparison of a projected electricity consumption by RUPTL an average of 0,0141% in Indonesia and 3,6% in Central Java. The results of sensitivity showed that GDP dominant influence on electricity consumption, then customer and price of electricity.

*Keywords : Demand of Electrical Energy, Forecast, Simple-E, RUPTL,MAPE,Sensitivity*

## 1. Pendahuluan

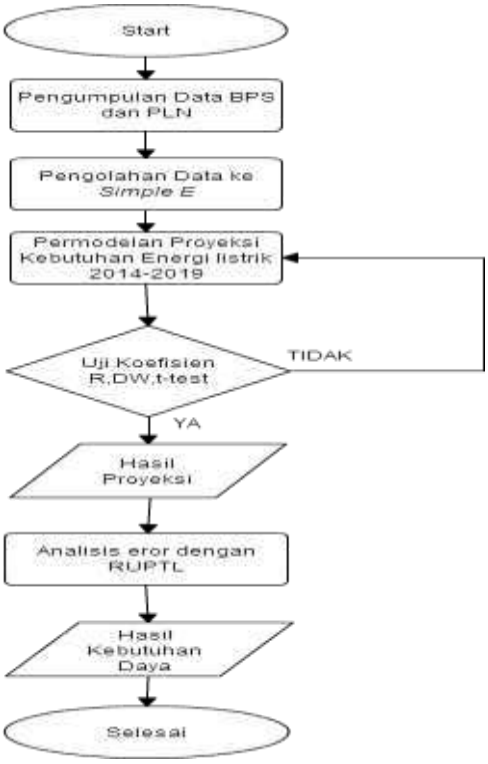
Ketersediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting dan bahkan menjadi suatu parameter untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah. Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah seperti sektor industri, komersial, pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik. Kemudian secara langsung maupun tidak langsung, hal itu

akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyakarat.

Peraturan Pemerintah mengatur tentang perlunya perencanaan energi listrik yang berdasar pada RUPTL[7]. Sehingga mengurangi adanya kekeurangan energi listrik masa depan.

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan proyeksi kebutuhan energi listrik pada tahun 2014 hingga 2019 di Indonesia dan Jawa tengah dengan menggunakan metode *Simple-E*. Proyeksi perencanaan yang dibahas adalah kosumsi energi, jumlah pelanggan energi listrik dan daya tersambung serta perhitungan kebutuhan tambahan daya pada akhir tahun 2019 berdasarkan pada hasil proyeksi kebutuhan energi listrik. Metode penyelesaian menggunakan eksponensial dan pengembangan model DKL3.2[4]. Penyelesaian eksponensial digunkan karena pada metode econometric untuk Negara berkembang biasa digunkan penyelesain tersebut[1].

## 2. Metode




**Gambar 1. Diagram Alir Proyeksi Energi listrik**

### 2.1. Metode Peramalan

Metode yang biasa digunakan untuk peramalan tergantung pada jenis peramalan yang akan dilakukan. Beberapa model yang dapat digunkan menurut jenis nya

a) Metode peramalan jangka pendek
b) Metode peramalan jangka menengah
c) Metode peramalan jangka panjang

### 2.2. Pengelompokan Beban Listrik

Pengelompokan Beban menurut PT PLN pembagian pengelompokan beban berdasarkan kelompok :
1. Sektor Rumah Tangga.
2. Sektor Komersial.
3. Sektor Industri.
4. Sektor Publik

### 2.3. Model Peramalan *Simple-E*

*Simple-E* menggunakan model OLS yaitu *Ordinary Least Square,*regresi linier dan non linier. Mengembangkan model DKL 3.2 dengan penambahan variabel harga listrik dan jumlah pelanggan. Berikut persamaan yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini.

a) Rumah Tangga

JumlahPelanggan = $(POP/RPRT) * ELEC$ (1)
Konsumsi listrik = $f(\ GDP, HNRES, PLRES)$ (2)
Daya tersambung = $f(\ PLRES)$ (3)
Keterangan
POP = Jumalah Penduduk
RPRT = Rata-rata penghuni rumah tangga

$$RPRT = POP/RT \quad (4)$$

RT = Jumlah Rumah Tangga
ELEC = rasio Elektrfikasi
GDP = PDB/PDRB total
HNRES = Harga Listrik Rumah Tangga
PLRES = Pelanggan Rumah tangga

b) Komersil/bisnis

JumlahPelanggan = $(PLCOM - 1 * (1 + GCOM))$ (5)
Konsumsi listrik = $f\ (GDPCOM, HNCOM, PLCOM$ (6)
Daya tersambung = $f\ (PLCOM)$ (7)

Keterangan
PLCOM-1= Pelanggan listrik sebelumnya
GCOM = Pertumbuhan PDRB komersil
GDPCOM = PDB/PDRB komersil

$$GDPCOM = GDP * (\ PCM/PTL) \quad (8)$$

GDP = PDB/PDRB Total
PCM = Pertumbuhan Komersil/Bisnis
PTL = Pertumbuhan Total
HNCOM = Harga Listrik komersil
PLCOM = Pelanggan komersil

c) Publik

Jumlah Pelanggan = $(PLPUB - 1 * (1 + GPUB))$ (9)
Konsumsi listrik =$f(GDPPUB, HNPUB, PLPUB)$ (10)
Daya tersambung =: $f\ (PLPUB)$ (11)
Keterangan

PLPUB-1 = Pelanggan listrik sebelumnya
GPUB = Pertumbuhan PDRB publik
GDPPUB =PDB/PDRB publik

$$GDPCOM = GDP * (PPUB/PTL) \quad (11)$$

GDP = PDB/PDRB Total
PPUB = Pertumbuhan Publik
PTL = Pertumbuhan Total
HNPUB = Harga Listrik publik
PLPUB = Pelanggan publik

d) Industri

Jumlah Pelanggan=$\left(PLIND - 1 * (1 + GIND)\right)$ (12)

Konsumsi listrik=$f(GDPIND, HNIND, PLIND)$ (13)

Daya tersambung = $f\ (PlIND)$ (14)

Keterangan
PLIND-1 = Pelanggan listrik sebelumnya
GPIND = Pertumbuhan PDRB industri
GDPIND = PDB/PDRB industri

$$GDPCOM = GDP * (PIND/PTL) \quad (15)$$

GDP = PDB/PDRB Total
PIND = Pertumbuhan Industri
PTL = Pertumbuhan Total
HNIND = Harga Listrik industri
PLIND = Pelanggan industri

Sementara rumus yang digunakan untuk memperhitungkan kebutuhan daya menggunakan rumus sebagai berikut.

a. $Energi\ Produksi = \frac{Total\ kebutuhan\ Energi}{1 - rugi\ jaringan(\%)}$ (16)

b. $Beban\ Puncak = \frac{Energi\ Produksi}{8760 x faktor\ beban}$ (17)

c. $Daya\ dibutuhkan = Beban\ puncak + reverse\ margin$ (18)

d. $Tambahan\ daya = Daya\ dibutuhkan - Daya\ exsisting$ (19)

e. $tingkat\ pertumbuhan = \frac{x\ tahun\ sekarang - x\ tahun\ sebelumnya}{x\ tahun\ sebelumnya}$ (20)

f. $Rata2\ pertumbuhan = \frac{\sum tingkat\ pertumbuhan\ pertahunan}{N}$ (21)

### 2.4. Indikator Keberhasilan *Simple-E*

Pengujian dalam hasil *Simple-E* menyebutkan bahwa dalam pegujian model simple-e terdapat 3 parameter utama sebagai berikut.

a) ***R squared (Goodness of Fit)***
*R squared* merupakan istilah statistik yang memberikan informasi tentang seberapa fit suatu model. Semakin medekati nilai 1 mengindikasikan bahwa garis regresi tersebut sesuai dengan data aslinya secara sempurna.

b) **T-Value (Test of Significance)**
Uji statistik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan dari dua buah mean sampel dari dua variabel yang di bandingkan.
- $|t| \geq 2$ : mempengaruhi variabel dependen signifikan
- $2 > |t| \geq 1$ : cukup berpengaruh pada variabel dependen
- $|t| < 1$ : tidak memberikan pengaruh pada

c) **Durbin Watson Test**
Pengujian statistik yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya autokorelasi pada nilai residual dari sebuah analisis regresi
- DW = 1 < DW < 3 : Tidak ada autokorelasi
- DW ≤ 0 atau DW ≥ 4 : Maka ada autokorelasi

### 2.5. Ukuran Akurasi Peramalan

Untuk mendapatkan hasil peramalan yang baik maka diperlukan perhitungan *error*. Metode perhitungan MAPE (mean Absolute Percentage *Error*) digunakan sebagai perhitungan *error* hasil proyeksi dengan RUPTL.

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n}\right) \sum |\text{A} - \frac{\text{F}}{\text{A}}| \quad (22)$$

Keterangan
A = permintaan aktual pada periode t
F = hasil peramalan (forecast) pada peridoe t
n = Jumlah data

### 2.6. Sensitivitas

Metode ini digunakan untuk mengetahui pengaruh dari masing masing variabel terhadap hasil perhitungan. Pada proses ini akan ditambahakan 2% pada semua variabel sehingga didapatkan sensitivitas dari masing masing variabel.

### 2.7. SEEx(Simple Econometric Extended)

LEAP singkatan dari Long Range Energi Alternatives Planning system. LEAP adalah perangkat lunak atau software yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi.

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Indonesia

Proyeksi dari kebutuhan energi listrik Indonesia meliputi jumlah pelanggan energi listrik, daya tersambung serta kebutuhan energi listrik. Selanjutnya dihitung *error* dari hasil proyeksi energi listrik dengan dokumen RUTL dan kebutuhan daya.

a) Jumlah Pelanggan Listrik

Berdasarkan rumus yang telah didapat maka hasil perhitungan sebagai berikut.

$$pelanggan\ RT = \left(\frac{84,5}{100}\right) * \left(\frac{252.767}{3,94}\right) * 1000 \qquad (1)$$
$$= 51.725.460$$

**Tabel 1. Proyeksi Jumlah Pelanggan Indonesia**

| Sektor | Pelanggan (ribu) | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 51.725 | 54.219 | 56.779 |
| Komersil | 2.503 | 2.664 | 2.835 |
| Publik | 1.457 | 1.545 | 1.639 |
| Industri | 59 | 62 | 65 |
| Sektor | Pelanggan (ribu) | | |
| | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rumah | 59.407 | 62.104 | 64.871 |
| Komersil | 3.018 | 3.214 | 3.423 |
| Publik | 1.739 | 1.846 | 1.961 |
| Industri | 69 | 73 | 77 |

Berdasarkan tabel 1 diatas rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 4,6%, Komersial sebesar 6,1%,Publik sebesar 6,1%, dan. Industri sebesar 5,6%

b) Daya Tersambung

Perhitungan menggunakan penyelesaian linier dengan variabel bebas menggunakan data pelanggan pada setiap sektor. Hasil proyeksi ini di lihat dari uji koefisien nya sebagi berikut.

$$daya\ tersambung = a + b\ PLRES \qquad (2)$$

```
SUMMARY>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
LS: R,999; AR,999; DW1,64; F17865;
DF8(p5%R,86/F3,19/t2,31)

PCRES=-11527(-35)+,0011357(134)*PLRES
```

**Gambar 2. Uji koefisien Proyeksi Daya Tersambung Indonesia**

Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa hasil peramalan telah sesuai dengan hasil uji koefisien nya. Nilai dari R telah mendekati 1, nilai DWterletak pada 1< x < 3 berarti bahwa negatif autokorelasi pada nilai residual regresi sementara nilai t-test ≥ 2berarti bahwa variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan. Semua uji koefisien telah lolos dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Dari tabel 2 diatas rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 6,5%, Komersial sebesar 8,2% dan Publik sebesar 7,2%, Industri sebesar 5,4,7%.

**Tabel 2. Proyeksi Daya Tersambung Indonesia**

| Sektor | MVA | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 47.040 | 49.872 | 52.779 |
| Komersil | 21.574 | 23.323 | 25.189 |
| Publik | 6.873 | 7.737 | 7.906 |
| Industri | 24.486 | 27.635 | 31.005 |
| Sektor | MVA | | |
| | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rumah | 55.764 | 58.826 | 61.969 |
| Komersil | 27.182 | 29.310 | 31.586 |
| Publik | 8.476 | 9.086 | 9.738 |
| Industri | 34.612 | 38.473 | 42.606 |

c) Konsumsi Energi Listrik

Perhitungan menggunakan penyelesaian eksponensial dengan variabel bebas menggunakan data pelanggan pada setiap sektor. Hasil proyeksi ini di lihat dari uji koefisien nya sebagi berikut.

$$konsumsi = a + b\ lnGDP + c\ lnHNRES + d\ lnPLRES$$

```
SUMMARY>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
LS: R,998; AR,997; DW1,73; F1062;
DF6(p5%R,91/F3,91/t2,45)

LN(SRES)=-10,908(-13,3)+1,0217(7,01)*LN(GDP)-
,20981(-,77)*LN(HNRES)+,47272(2,13)*LN(PLRES)
```

**Gambar 3. Uji koefisisen Proyeksi Daya Tersambung indonesia**

Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa hasil peramalan telah sesuai dengan hasil uji koefisien nya. Nilai dari R telah mendekati 1, nilai DWterletak pada 1< x < 3 berarti bahwa negatif autokorelasi pada nilai residual regresi sementara nilai t-test ≥ 2berarti bahwa variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan. Ketika tidak signifikan maka variabel akan disihkan sesuai dengan yang signifikan, hingga semua uji koefisien telah lolos dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 3. Proyeksi Konsumsi Listrik Indonesia**

| Sektor | MWh | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 83.628 | 90.268 | 97.449 |
| Komersil | 37.495 | 40.634 | 44.043 |
| Publik | 12.179 | 13.085 | 14.066 |
| Industri | 70.765 | 76.958 | 83.796 |
| Sektor | MWh | | |
| | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rumah | 105.219 | 113.629 | 122.735 |
| Komersil | 47.749 | 51.782 | 56.174 |
| Publik | 15.129 | 16.281 | 17.530 |
| Industri | 91.349 | 99.695 | 108.923 |

Dari tabel 3 diatas bahwa rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 7,4%, Komersial sebesar 7,8% dan Umum sebesar 7%, Industri sebesar 8,3%.

d) Akurasi peramalan

Pada perhitungan ini membandingkan hasil proyeksi konsumsi listrik dengan proyeksi RUPTL. Perbandingan dilakukan karena pada RUPTL menggunakan data proyeksi yang berbeda sehingga digunakan sebagai dokumen pembanding.

**Tabel 4. Perbandingan hasil proyeksi dengan RUPTL**

| Tahun | RUPTL | Proyeksi |
|---|---|---|
| 2015 | 219,10 | 220.945 |
| 2016 | 238,80 | 239.355 |
| 2017 | 259,90 | 259.446 |
| 2018 | 282,90 | 281.386 |
| 2019 | 306,70 | 305.361 |

Perhitungan ini menggunkan metode MAPE sehingga didapatkan hasil berikut.

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{1}\right)\sum\left|219.100 - \frac{220.945}{219.100}\right| \quad (22)$$
$$= 0{,}8\%$$

Sehingga didapatkan tabil hasil perhitungan *error* dengan dokumen RUPTL sebagai berikut.

**Tabel 5. Perhitungan error proyeksi dan RUPTL**

| No | Tahun | *Error* (%) |
|---|---|---|
| 1 | 2015 | 0,8 |
| 2 | 2016 | 0,2 |
| 3 | 2017 | 0,2 |
| 4 | 2018 | 0,5 |
| 5 | 2019 | 0,4 |
| Rata-rata | | 0,014 |

Melihat hasil *error* dari perbandingan proyeksi diatas maka dapat di analisis bahwa hasil proyeksi mendekati dokumen RUPTL dengan nilai *error* sebesar 0,014%,seperti gambar berikut ini.

**Gambar 4. Perbandingan proyeksi dengan RUPTL**

e) Perhitungan Kebutuhan daya

Setelah mendapat kan hasil proyeksi pada konsumsi energi listrik maka akan dapat digunkan untuk mencari kebutuhan daya sebgai berikut.

$$Energi\ produksi = \frac{235.467}{1-0{,}14} = 252.058\ GW \quad (16)$$

Menggunakan ketapan rugi-rugi oleh pemerintah melalui RUKN sehingga telah ditentukan untuk perhitungannya.Selanjutnya menghitung beban puncak didalam hal ini menggunakan faktor daya pada tahun 2014.

$$Beban\ Puncak = \frac{252.058}{8760\ x\ 0{,}783} = 36{,}75\ GW \quad (17)$$

Menghitung daya yang dibutuhkan dengan rumus berikut. Ketetapan reverse margin daimbil berdasar kebijakan pemerintah sebesar 35% dari RUKN.

$$Kebutuhan\ Daya = 36{,}75\ + 12{,}96 = 49{,}98\ GW (18)$$

Dengan adanya daya exsisting sebesar 31.550 MW,maka dapat dihitung daya yang dibutuh kan oleh Indonesia sebagai berikut.

$$Tambahan\ Daya = 31.550 - 49{,}98 = 18{,}43\ GW \quad (19)$$

Maka didapatkan tabel kebutuhan daya untuk Indonesia sebagai berikut.

**Tabel 6. Proyeksi Kebutuhan Daya Listrik Indonesia**

| No | Tahun | Tambahan Daya |
|---|---|---|
| 1 | 2014 | 15,15 |
| 2 | 2015 | 18,43 |
| 3 | 2016 | 22,60 |
| 4 | 2017 | 27,08 |
| 5 | 2018 | 31,96 |
| 6 | 2019 | 37,37 |

Menganalisis dari hasil perhitungan diatas terlihat bahwa daya yang dibutuhkan pada akhir tahun 2019 sebesar 37,37 GW yaitu sebesar 37.370 MW. Hal ini sesuai dengan yang tertaung pada RUPTL untuk kebutuhan daya Indonesia sampai tahun 2019 sebesar 35.000 MW sementara sisa 2.370 MW di kelola swasta.

### 3.2. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Jawa Tengah

Proyeksi dari kebutuhan energi listrik Indonesia meliputi jumlah pelanggan energi listrik,daya tersambung serta kebutuhan energi listrik.Selanjutnya dihitung *error* dari hasil proyeksi energi listrik dengan dokumen RUTL dan kebutuhan daya.

a) Jumlah Pelanggan Listrik

Berdasarkan rumus yang telah didapat maka hasil perhitungan sebagai berikut.

$$pelanggan\ RT = \left(\frac{84,5}{100}\right) * \left(\frac{252.767}{3,94}\right) * 1000$$
$$= 51.725.460$$

**Tabel 7. Proyeksi Jumlah Pelanggan Jawa Tengah**

| Sektor | Pelanggan | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 7.448.030 | 7.731.567 | 8.017.456 |
| Komersil | 268.648 | 285.457 | 303.554 |
| Publik | 252.922 | 268.428 | 285.135 |
| Industri | 6.190 | 6.581 | 7.002 |
| **Sektor** | **Pelanggan** | | |
| | **2017** | **2018** | **2019** |
| Rumah | 8.305.713 | 8.596.352 | 8.889.390 |
| Komersil | 323.058 | 344.100 | 366.821 |
| Publik | 303.150 | 322.593 | 343.595 |
| Industri | 7.455 | 7.944 | 8.473 |

Berdasarkan tabel 7 diatas, rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 3,49%, Komersial sebesar 6,04% dan Umum sebesar 5,94% Industri sebesar 6,09%,.

b) Daya Tersambung

Perhitungan menggunakan penyelesaian linier dengan variabel bebas menggunakan data pelanggan pada setiap sektor. Hasil proyeksi ini di lihat dari uji koefisien nya sebagi berikut.

$$daya\ tersambung = a + b\ PLRES$$

```
SUMMARY>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
LS: R,999; AR,998; DW1,45; F4567;
DF7(p5%R,89/F3,48/t2,36)

PCRES=-1327,5(-16,5)+,00087489(67,6)*PLRES
```

**Gambar 5. Uji koefisisen Proyeksi Daya Tersambung Jawa Tengah**

Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa hasil peramalan telah sesuai dengan hasil uji koefisien nya. Nilai dari R telah mendekati 1, nilai DW terletak pada 1< x < 3 berarti bahwa negatif autokorelasi pada nilai residual regresi sementara nilai t-test ≥ 2 berarti bahwa variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan. Semua uji koefisien telah lolos dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 8. Proyeksi Daya Tersambung Jawa Tengah**

| Sektor | MVA | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 5.454 | 5.702 | 5.952 |
| Komersil | 1.329 | 1.427 | 1.532 |
| Publik | 716 | 774 | 837 |
| Industri | 2.162 | 2.347 | 2.545 |
| **Sektor** | **MVA** | | |
| | **2017** | **2018** | **2019** |
| Rumah | 6.204 | 6.459 | 6.715 |
| Komersil | 1.646 | 1.768 | 1.901 |
| Publik | 906 | 979 | 1.059 |
| Industri | 2.760 | 2.991 | 3.240 |

Dari tabel 8 diatas bahwa rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 4,24%, Komersial sebesar 7,41% dan Umum sebesar 8,14%, Industri sebesar 8,42%.

c) Konsumsi Energi Listrik

Perhitungan menggunakan model regresi linier dengan variabel bebas menggunakan data pelanggan pada setiap sektor. Hasil proyeksi ini di lihat dari uji koefisien nya sebagi berikut.

$$konsumsi = a + b\ lnGDP + c\ lnHNRES + d\ lnPLRES$$

```
SUMMARY>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
LS: R,995; AR,992; DW2,61; F363;
DF6(p5%R,91/F3,91/t2,45)

LN(SRES)=-12,106(-10,4)-,51763(-
,903)*LN(GDP)+,90688(1,13)*LN(HNRES)+1,6016(3,03)*
LN(PLRES)
```

**Gambar 6. Uji koefisisen Proyeksi Daya Tersambung Jawa Tengah**

Pada hasil diatas dapat dilihat bahwa hasil peramalan telah sesuai dengan hasil uji koefisien nya. Nilai dari R telah mendekati 1, nilai DW terletak pada 1< x < 3 berarti bahwa negatif autokorelasi pada nilai residual regresi sementara nilai t-test ≥ 2 berarti bahwa variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan. Ketika tidak signifikan maka variabel akan disisihkan sesuai dengan yang signifikan, himgga semua uji koefisien telah lolos dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Dari tabel 9 diatas bahwa rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 6,47%, Komersial sebesar 5,87% dan Umum sebesar 8,23%, Industri sebesar 6,19%.

**Tabel 9. Proyeksi Konsumsi Listrik Jawa Tengah**

| Sektor | MWh | | |
|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah | 9.008 | 9.632 | 10.310 |
| Komersil | 2.285 | 2.493 | 2.722 |
| Publik | 1.222 | 1.278 | 1.338 |
| Industri | 6.424 | 6.732 | 7.089 |
| Sektor | MWh | | |
| | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rumah | 11.049 | 11.854 | 12.731 |
| Komersil | 2.976 | 3.257 | 3.569 |
| Publik | 1.405 | 1.478 | 1.559 |
| Industri | 7.502 | 7.980 | 8.530 |

d) Akurasi peramalan

Pada perhitungan ini membandingkan hasil proyeksi konsumsi listrik dengan RUPTL. Perbandingan dilakukan karena pada RUPTL menggunakan data proyeksi yang berbeda sehingga digunakan sebagai dokumen pembanding.

**Tabel 10. Perbandingan hasil proyeksi dengan RUPTL**

| Tahun | RUPTL | Proyeksi |
|---|---|---|
| 2015 | 20.653 | 20.134 |
| 2016 | 22.151 | 21.460 |
| 2017 | 23.820 | 22.932 |
| 2018 | 25.642 | 24.568 |
| 2019 | 27.609 | 26.389 |

Perhitungan ini menggunkan metode MAPE sehingga didapatkan hasil berikut

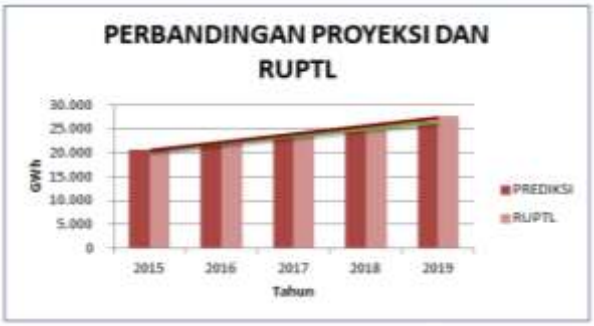
$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{1}\right)\sum\left|20.653 - \frac{20.134}{20.653}\right| \quad (22)$$
$$= 2{,}5\ \%$$

Sehingga didapatkan tabil hasil perhitungan *error* dengan dokumen RUPTL sebagai berikut.

**Tabel 11. Perhitungan *error* proyeksi dan RUPTL**

| No | Tahun | *Error* RUPTL(%) |
|---|---|---|
| 1 | 2015 | 2,5 |
| 2 | 2016 | 3,1 |
| 3 | 2017 | 3,7 |
| 4 | 2018 | 4,1 |
| 5 | 2019 | 4,4 |
| | Rata-rata | 3,6 |

Melihat hasil *error* dari perbandingan proyeksi diatas maka dapat di analisis bahwa hasil proyeksi mendekati dokumen RUPTL dengan nilai *error* sebesar 3,6 %, seperti gambar berikut ini.




**Gambar 7. perbandingan proyeksi dan RUPTL**

e) Perhitungan Kebutuhan daya

Setelah mendapat kan hasil proyeksi pada konsumsi energi listrik maka akan dapat digunkan untuk mencari kebutuhan daya sebgai berikut.

$$Energi\ produksi = \frac{20.134}{1-0{,}12} = 21.898\ GW \quad (16)$$

Menggunakan ketapan rugi-rugi oleh pemerintah melalui RUKN sehingga telah ditentukan untuk perhitungannya. Selanjutnya menghitung beban puncak didalam hal ini menggunakan faktor daya pada tahun 2014.

$$Beban\ Puncak = \frac{21.522}{8760\ x\ 0{,}797} = 3{,}08\ GW\ ` \quad (17)$$

Menghitung daya yang dibutuhkan dengan rumus berikut. Ketetapan reverse margin daimbil berdasar kebijakan pemerintah sebesar 35% dari RUKN.

$$Kebutuhan\ Daya = 3{,}08 + 1{,}108 = 4{,}16\ GW \quad (18)$$

Dengan adanya daya exsisting sebesar 5.361 MW, maka dapat dihitung daya yang dibutuh kan oleh Indonesia sebagai berikut.

$$Tambahan\ Daya = 4{,}16 - 5{,}361 = -1{,}2\ GW \quad (19)$$

Maka didapatkan tabel kebutuhan daya untuk Indonesia sebagai berikut.

**Tabel 12. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik**

| No | Tahun | Tambahan Daya |
|---|---|---|
| 1 | 2014 | -1,20 |
| 2 | 2015 | -0,96 |
| 3 | 2016 | -0,67 |
| 4 | 2017 | -0,35 |
| 5 | 2018 | -0,00 |
| 6 | 2019 | 0,39 |

Menganalisis dari hasil perhitungan diatas terlihat bahwa daya yang dibutuhkan pada akhir tahun 2019 sebesar 390 GW yaitu sebesar 390 MW. Kebutuhan tambahan daya untuk daerah Jawa Tengah masih dapat teratasi hingga tahun 2018.

### 3.3. Sensitivitas

Analasis sensitivitas ini didapatkan dengan menambah nilai dari variabel bebas sehingga didapatkan perbuahan nilai akhir yang nantinya dinyatakan dalam persen. *Simple-E* dapat menghitung secara langsung mengenai dari sensitivitas ini sendiri sehingga langsung menggunakan menu yang ada,berikut hasil sensitivitas pada Indonesia dan Jawa Tengah menurut sektor pengusahaan listrik.

a) Sensitivitas proyeksi Indonesia

Pada penelitian wilayah Indonesia terbagi menjadi 4 sektor, sehingga dilakukan analisis pada masing masing sektor dengan cara yang sama seperti pada gamabr berikut ini.

```
Simple E. Sensitivity Check

Changed Values Range:  (Simulation!$AB$22)
Change +1%

Trace Range: (Simulation!$AC$51)
<<Change in %>>
#1 (AB22) GDP
 1. AC51 SRES= +1,062%
```

**Gambar 8. Hasil sensitivitas software *Simple-E***

Cara yang sama dilakukan pada masing masing sektor dengan melihat perubahan pada hasil, ketika variabel yang dinginkan ditambahkan 2% sementara yang lain tetap, berikut hasil dari perhitungan sensitivitas.

- Rumah Tangga

  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 13. Perhitungan Sensitivitas Rumah tangga**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 1,062 |
| 2 | Jumlah Pelanggan | 0,6868 |

Hasil tabel 13 dapat dilihat bahwa pada nilai pendapatan dan jumlah pelanggan bernilai positif berarti ketika variabel naik maka konsumsi akan sebesar nilai sensitivitas tersebut.

- Komersil

  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 14. Perhitungan Sensitivitas komersil**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 2,588 |

Hasil tabel 14 dapat dilihat bahwa pada nilai pendapatan bernilai positif berarti ketika variabel naik maka konsumsi akan sebesar nilai sensitivitas tersebut.

- Publik

  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 15. Perhitungan Sensitivitas Publik**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 2,463 |

Hasil tabel 15 dapat dilihat bahwa nilai pendapatan bernilai positif berarti ketika variabel pendapatan naik maka konsumsi akan sebesar nilai sensitivitas tersebut.

- Industri

  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 16. Perhitungan Sensitivitas Industri**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 3,182 |
| 2 | Harga Listrik | -0,374 |

Hasil tabel 16 dapat dilihat bahwa pada nilai harga listrik bernilai negatif berarti bahwa ketika harga listrik naik maka konsumsi akan turun, sementara pendapatan berpengaruh positif pada konsumsi energi listrik.

b) Sensitivitas proyeksi Jawa Tengah

Pada penelitian wilayah Indonesia terbagi menjadi 4 sektor,sehingga dilakukan analisis pada masing masing sektor dengan cara yang sama seperti pada gamabr berikut ini.

```
Simple E. Sensitivity Check

Changed Values Range:  (Simulation!$AA$22)
Change +2%

Trace Range: (Simulation!$AA$51)
<<Change in %>>
#1 (AA22) GDP
 1. AA51 SRES= +2,297%
```

**Gambar 9. Hasil sensitivitas software *Simple-E***

Cara yang sama dilakukan pada masing masing sektor dengan melihat perubahan pada hasil,ketika variabel ditambahkan 2% sementara yang lain tetap, berikut hasil dari perhitungan sensitivitas.

- Rumah Tangga

  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 17. Perhitungan Sensitivitas Rumah tangga**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 2,297 |

Hasil tabel 17 dapat dilihat bahwa pada nilai pendapatan bernilai positif berarti ketika variabel naik maka konsumsi akan sebesar nilai sensitivitas tersebut.

- Komersil
  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 18. Perhitungan Sensitivitas komersil**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 2,875 |

Hasil tabel 18 dapat dilihat bahwa pada nilai pendapatan bernilai positif berarti ketika variabel naik maka konsumsi akan sebesar nilai sensitivitas tersebut.

- Publik
  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 19. Perhitungan Sensitivitas industri**

| No | Variabel | Sensitivitas(%) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 2,085 |
| 2 | Harga Listrik | -0,525 |

Hasil tabel 19 dapat dilihat bahwa pada nilai harga listrik bernilai negatif berarti bahwa ketika harga listrik naik maka konsumsi akan turun, sementara pendapatan berpengaruh positif pada konsumsi energi listrik.

- Industri
  Pada perhitungan variabel yang di dapat bisa ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 20. Perhitungan Sensitivitas industri**

| No | Variabel | Sensitivitas(%)) |
|---|---|---|
| 1 | GDP | 3,23 |
| 2 | Harga Listrik | -1,51 |
| 3 | Pelanggan | 1,24 |

Hasil tabel 21 dapat dilihat bahwa pada nilai harga listrik bernilai negatif berarti bahwa ketika harga listrik naik maka konsumsi akan turun, sementara pendapatan dan jumlah pelanggan berpengaruh positif pada konsumsi energi listrik.

## 4. Kesimpulan

Hasil proyeksi pada wilayah Indonesia di dapatkan hasil jumlah pelanggan sebesar 4,4%, kebutuhan energi listrik sebesar 7,7%, dan daya tersambung sebesar 4,3%. Hasil *error* dengan RUPTL yang diperoleh sebesar 0,014 % pada wilayah Indonesia, sementara itu hasil proyeksi pada wilayah Jawa Tengah di dapatkan hasil jumlah pelanggan sebesar 4,4%, kebutuhan energi listrik sebesar 7,7%, dan daya tersambung sebesar 6,7% dengan *error* sebesar 3,6 % dengan RUPTL wilayah Jawa Tengah. Analisis kebutuhan daya pada Indonesia hingga tahun 2019 didapatkan hasil sebesar 37.370 MW yang berarti bahwa sesuai dengan perkiraan RUPTL sebesar 35.000 MW dengan sisa nya di kelola oleh swasta, sedangkan kebutuhan daya pada Jawa Tengah diperkirakan sebsar 390 MW hingga tahun 2019. Sensitivitas dari variabel bebas yang didapatkan bahwa rata-rata yang paling berpengaruh adalah PDB. Saran yang diberikan untuk penelitian ini bahwa penelitian ini dapat dikembangkan dengan penambahan variabel bebas, penamabahan *smoothing* pada exponensialnya serta pnelitian ini juga dapat menggunakan metode lain seperti monte carlo yang cocok untuk mengembangkan metode simple ekonometri.

## Refrensi


[1]. N.Bhargava, B.Singh, dan S.Gupta, "Consumption of electricity in Punjab: Structure and growth," Dep. of Eco, DAV College Hoshiarpur, Punjab, India, 2009.

[2]. P. P.Craig , A. Gadgil, dan J. G. Koomey "what can history teach us? A Retrospective Examination of Long-Term Energy Forecasts for the United States," *Annual Review of Energy and the Environment* , hal 83-118, 2002.

[3]. B. Kermanshahi dan H. Iwamiya, "Up to year 2020 load forecasting using neural nets," Enviromental Energy Engineering Tokyo University, 2002.

[4]. R. Wadyomukti, "Analisis Perbandingan Metode DKL 3.2 dengan Metode Simple Econometric," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.

[5]. E.A.Feinberg dan D. Genethlio, "Load Forecasting," dalam Applied mathemathics for restructured electric power system , ch 12.

[6]. M. R. Kartika. "Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 dengan menggunakan software LEAP," Universitas Diponegoro,Semarang, 2015.

[7]. Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2014.

[8]. D.N.Gujarati, "Econometric" dalam Basic Econometric.

[9]. K. Yamaguchi, "Simple E Extended 2008 for Integrated Aplicatoin," ASIAM Research Institute, April, 2008.

[10]. R.Indiyanto, "Perencanaan dan Pengendalian Produksi," Penerbit Yayasan Humaniora, 2008.

[11]. .Data Statistik Tahun 2004-2013, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta.

[12]. Data Statistik Indobesia Tahun 2004-2013, PT. PLN (Persero) .

[13]. Rencana Umum Perencanaan Tenaga Listrik 2015-2024, PT.PLN (Persero), 2015.

[14]. Rencana Umum Kelistrikan Nasional 2015-2034, Kementrian ESDM RI, 2015.