

ANALISIS PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PADA TAHUN 2016 – 2025 DI PROVINSI DIY DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIMPLE ECONOMETRIC*

Dony Prahasto^{*)}, Karnoto, and Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail : dprahasto@gmail.com}

Abstrak

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. Dalam pembuatan perencanaan proyeksi penelitian ini penulis menggunakan software SEEx(Simple Econometric Extended) dimana terintegrasi dengan Microsoft Exel 2000-2007. Pembuatan perencanaan dilakukan pada wilayah Provinsi D.I Yogyakarta tahun 2016-2025 dengan penyelesaian persamaan menggunakan eksponensial dan pengembangan model DKL3.2. serta analisis tambahan mengenai drop tegangan kondisi jaringan per feeder masing – masing dan uprating transformator GI Godean saat kondisi eksisting dengan ETAP 12.6.0. Dari hasil perencanaan menggunakan Simple-E menghasilkan proyeksi jumlah pelanggan, konsumsi pertumbuhan dan daya tersambung sebesar yaitu 4,5%, 6,1%, dan 8,3% per tahun. Sementara diperoleh perhitungan error dengan MAPE dari perbandingan hasil proyeksi konsumsi listrik dengan RUPTL sebesar 0,18% pada tahun 2016. Sedangkan simulasi tambahan mengenai uprating GI Godean yang mengacu pada RUPTL menggunakan software ETAP 12.6.0 susut tegangan/voltage drop yang kurang memenuhi syarat adalah feeder GDN 04 sebesar 8,8% karena melebihi standard yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu sebesar 5,5 %.

Kata Kunci : Kebutuhan energi listrik, Proyeksi, Simple-E, RUPTL, ETAP 12.6.0, Drop tegangan

Abstract

The availability of adequate and targeted electrical energy will spur the development of regional development such as industrial sector, commercial, public service and even quality of life of society with more and more people who enjoy electric energy. In making this final project projection planning the author uses SEEx software (Simple Econometric Extended) where integrated with Microsoft Exel 2000-2007. Planning is done in the area of D.I Yogyakarta Province in 2016-2025 with the completion of equations using exponential and DKL3.2 model development. as well as additional analysis of the network voltage drops per feeder and upgrades of the Godean GI transformer during existing conditions with ETAP 12.6.0. From the results of the planning using Simple-E to generate projected number of subscribers, consumption growth and connected power of 4.5%, 6.1%, and 8.3% per year. While the error calculation obtained with MAPE from the comparison of projected electricity consumption with RUPTL of 0.18% in 2016. While the additional simulation of uprating Godean Godean which refers to RUPTL using ETAP 12.6.0 software shrinkage voltage / voltage drop is less qualified is feeder GDN 04 by 8.8% because it exceeds the standard set by PLN is 5.5%.

Keywords : Demand of Electrical Energy, Forecast, Simple-E, RUPTL, ETAP 12.6.0 , Drop voltage

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik di Indonesia cenderung mengalami peningkatan dan merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Penggunaan energi listrik tidak hanya untuk kebutuhan penerangan dan rumah tangga, tetapi juga untuk mendukung kegiatan pendidikan dan

pendidikan dan perekonomian. Hal inilah yang menyebabkan dari tahun ke tahun, akan tetapi peningkatan terhadap energi listrik ini tidak seiring dengan peningkatan peyediaan energi listrik. Penyediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting dan bahkan menjadi suatu parameter untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah. Pengelolaan sumber daya

energi listrik yang tepat serta terarah dengan jelas akan menjadikan potensi yang dimiliki suatu wilayah berkembang dan dimanfaatkan secara optimal. Perencanaan dan pengelolaan energi secara umum termasuk di dalamnya adalah energi listrik perlu mendapatkan perhatian serius dari pemerintah serta dalam mengelola sumber daya energi [1].

Kebutuhan akan 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. Penggunaan energi listrik secara langsung akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat [1].

Pemenuhan kebutuhan energi listrik tersebut harus diantisipasi sedini mungkin agar penyediaan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai. Pertumbuhan ekonomi merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan energi listrik, selain dari faktor tersebut perkembangan energi listrik juga dipengaruhi oleh faktor perkembangan penduduk dalam pengertian jumlah pelanggan yang akan dialiri listrik [2].

Demikian juga yang terjadi di Provinsi D.I. Yogyakarta, pada beberapa tahun terakhir telah terjadi perkembangan yang cukup pesat dalam hal pertumbuhan ekonomi di Provinsi D.I. Yogyakarta yang menyebabkan permintaan terhadap energi listrik di Provinsi D.I. Yogyakarta cenderung mengalami peningkatan.

Perencanaan ketenagalistrikan dalam lingkup nasional maupun daerah banyak menggunakan berbagai macam metode. Maka dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode yaitu Simple Econometric. Metode ini digunakan oleh PLN dalam penyusunan prakiraan kebutuhan listrik pada RUPTL yang telah teruji [3].

Metode ini menggunakan model regresi linier maupun non linier, namun berdasar kan penelitian oleh Bhargava, B. Singh, dan S. Gupta [4] dimana memproyeksi kebutuhan listrik menggunakan metode econometric lebih banyak menggunakan penyelesaian non linier dengan pangkat sederhana.

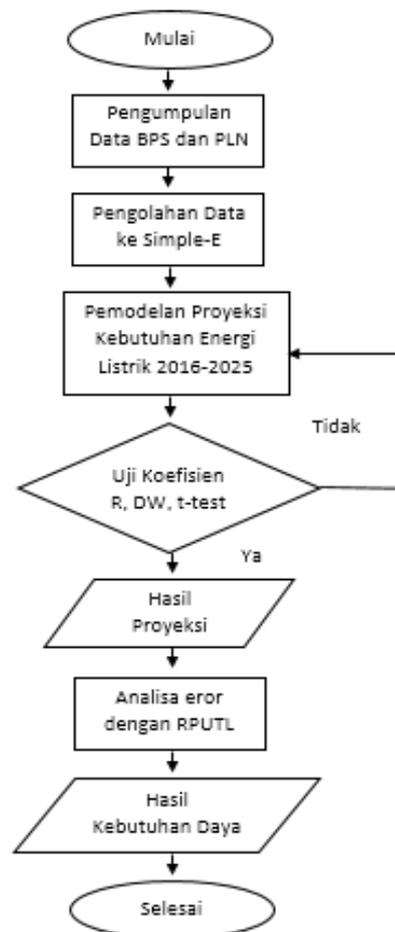
Adapun tujuan dari penulisan penelitian sebagai berikut:

1. Memproyeksikan kebutuhan energi listrik, jumlah pelanggan serta daya tersambung di D.I. Yogyakarta tahun 2016-2025
2. Metode *Simple-E* dengan penyelesaian regresi linier dan eksponensial.

3. Menggambarkan kondisi jaringan per *feeder* masing – masing dan *uprating* transformator GI Godean pada saat kondisi eksisting dan mengetahui besar drop tegangan atas dasar eksisting

2. Metode

2.1. Flowchart Proyeksi *Simple-E*



Gambar 1. Diagram Alir Proyeksi Energi listrik

2.2. 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

$$\text{JumlahPelanggan} = (POP/RPRT) * ELEC$$

$$\text{Konsumsi listrik} = f (GDP, HNRES, PLRES)$$

$$\text{Daya tersambung} = f (PLRES)$$

Keterangan

POP = Jumlah Penduduk
 RPRT = Rata-rata penghuni rumah tangga
 $RPRT = POP/RT$
 RT = Jumlah Rumah Tangga
 ELEC = rasio Elektrifikasi
 GDP = PDB/PDRB total
 HNRES = Harga Listrik Rumah Tangga
 PLRES = Pelanggan Rumah tangga

- b) Komersil/bisnis
 Jumlah Pelanggan = $(PLCOM-1*(1+GCOM))$
 Konsumsi listrik = $f(GDPCOM,PLCOM)$
 Daya tersambung = $f(PLCOM)$

Keterangan

PLCOM-1 = Pelanggan listrik sebelumnya
 GCOM = Pertumbuhan PDRB komersil
 GDPCOM = PDB/PDRB komersil
 GDPCOM = $GDP * (PCM/PTL)$
 GDP = PDB/PDRB Total
 PCM = Pertumbuhan Komersil/Bisnis
 PTL = Pertumbuhan Total
 PLCOM = Pelanggan komersil

- c) Publik
 Jumlah Pelanggan = $(PLPUB-1*(1+GPUB))$
 Konsumsi listrik = $f(GDPPUB,PLPUB)$
 Daya tersambung = $f(PLPUB)$

Keterangan

PLPUB-1 = Pelanggan listrik sebelumnya
 GPUB = Pertumbuhan PDRB publik
 GDPPUB = PDB/PDRB publik
 GDPCOM = $GDP * (PPUB/PTL)$
 GDP = PDB/PDRB Total
 PPUB = Pertumbuhan Publik
 PTL = Pertumbuhan Total
 PLPUB = Pelanggan publik

- d) Industri
 Jumlah Pelanggan = $(PLIND - 1 * (1 + GIND))$
 Konsumsi listrik = $f(GDPIND, PLIND)$
 Daya tersambung = $f(PLIND)$

Keterangan

PLIND-1 = Pelanggan listrik sebelumnya
 GPIND = Pertumbuhan PDRB industri
 GDPIND = PDB/PDRB industri
 $GDPCOM = GDP * (PIND/PTL)$
 GDP = PDB/PDRB Total
 PIND = Pertumbuhan Industri
 PTL = Pertumbuhan Total
 PLIND = Pelanggan industri

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

- a. $Etingkat\ pertumbuhan = \frac{x\ tahun\ sekarang - x\ tahun\ sebelumnya}{x\ tahun\ sebelumnya}$
 b. $rata2\ pertumbuhan = \frac{\sum\ tingkat\ pertumbuhan\ pertahunan}{N}$

2.3. 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
- $DW \leq 0$ atau $DW \geq 4$: Maka ada autokorelasi

2.4. 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.

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

Keterangan

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

2.5. SEEx(Simple Econometric Extended)

SEEx (Simple Econometric Simulation System, Expanded) merupakan sistem simulasi terintegrasi yang

dikembangkan dari *econometric simulation tool*. SEEx merupakan aplikasi *Add-ins* untuk *Microsoft Excel 2000-2007*.

2.6. Flowchart Simulasi Tambahan Dengan ETAP 12.6.0



Gambar 2. Diagram Alir Simulasi ETAP 12.6.0

2.7. Pengumpulan Data Simulasi Tambahan Menggunakan ETAP 12.6.0

Data jaringan tegangan menengah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data eksisting jaringan tegangan menengah GI Godean D.I Yogyakarta UPJ Sedayu pada tahun 2016 dan 2017 (data terakhir bulan april 2017). Analisis tambahan yang akan diteliti adalah mengenai drop tegangan kondisi jaringan per *feeder* masing – masing dan *uprating* transformator GI Godean D.I Yogyakarta saat 2 x 30 MVA menjadi 2 x 60 MVA kondisi eksisting yang mengacu dengan RUPTL dengan ETAP 12.6.0.

Gardu Induk Godean sendiri saat ini memiliki 2 trafo daya dengan setiap trafo berkapasitas 30 MVA yang menyuplai 6 feeder yaitu GDN01, GDN02, GDN03, GDN04, GDN05, GDN06. Dengan panjang penyulang sebagai berikut:

Tabel 1. Panjang Jaringan Penyulang GI Godean

No	Feeder	Panjang JTM 2016 (KMS)	Panjang JTM 2017 (KMS)
1	GDN04	9,64	10,26
2	GDN05	15,37	16,53
3	GDN06	13,15	13,45
4	GDN01	24,26	24,85
5	GDN02	19,26	19,46
6	GDN03	6,98	6,98
Total		73,29	91,53

Tabel 2. Data Impedansi Kabel

Jenis Konduktor	Diameter Konduktor	Urutan Positif / Negatif	Urutan Nol
AAAC	240 mm ²	R1 0,1344 + j 0,3158	R0 0,2824 + j 1,6034

Tabel 3. Data Beban Tersambung Jaringan per feeder GI Godean D.I.Yogyakarta

No	Feeder	Daya Tersambung Tahun 2016 (KVA)	Daya Tersambung Tahun 2017 (KVA)
1	GDN04	12580	12650
2	GDN05	3830	3910
3	GDN06	2120	2170
4	GDN01	3270	3580
5	GDN02	12370	12560
6	GDN03	5832	5900
Total		40002	40770

Pada metode asumsi kenaikan prosentase beban yang digunakan sebagai acuannya adalah rata-rata daya yang tersambung (KVA) pertahun. Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa rata-rata kenaikannya adalah sebesar 2% pertahun dari data pada tabel 3.3. Contoh sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Penambahan Asumsi} &= \% \text{ Penambahan Asumsi} + \% \text{ Trafo tahun ke-n} \\
 &= 2\% + 73\% \\
 &= 75\%
 \end{aligned}$$

Untuk mencari susut tegangan atau Drop Voltage nya

$$\text{Voltage Drop} = \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung}$$

3. Hasil dan Analisa

3.1. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Proyeksi dari kebutuhan energi listrik Provinsi D.I.Yogyakarta meliputi jumlah pelanggan energi listrik, daya tersambung serta kebutuhan energi listrik.

Dari tabel 3.3 diatas bahwa rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 6,6%, Komersial sebesar 6,4% dan Umum sebesar 5,3%, Industri sebesar 3,5%.

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 7. Perbandingan hasil proyeksi dengan RUPTL

Tahun	RUPTL	Proyeksi
2016	2.655	2,66
2017	2.968	2,834
2018	3.268	3,016
2019	3.612	3,206
2020	3.910	3,406
2021	4.228	3,615
2022	4.566	3,823
2023	4.927	4,06
2024	5.312	4,297
2025	5.722	4,543

Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik yang didapat kemudian dibandingkan dengan data aktual pada tahun 2016. Perbandingan ini dilakukan untuk mencari nilai *error* dari hasil proyeksi sebagai validasi hasil proyeksi. Perbedaan data ini dapat dijadikan acuan perbandingan pada hasil yang didapatkan.

Hasil perbandingan proyeksi dapat di dihitung nilai *error* nya berdasarkan perbandingan proyeksi dengan data aktual 2016. Perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MAPE (2016) = \left(\frac{100}{1}\right) \sum \left| \frac{2,655 - 2,660}{2,655} \right|$$

$$= 0,18\%$$

Melihat hasil *error* diatas maka dapat di analisis bahwa hasil proyeksi dikatakan layak dengan nilai *error* sebesar 0,18 %. Sehingga didapatkan hasil perhitungan *error* dengan dokumen RUPTL sebagai berikut.

Tabel 8. Perhitungan *error* proyeksi dan RUPTL

No	Tahun	Error (%)
1	2015	0,18
2	2016	4,51
3	2017	7,7
4	2018	11,2
5	2019	12,8
6	2020	14,4
7	2022	16,2
8	2023	17,5
9	2024	19,1
10	2025	20,6
Rata-rata		12,42

Perbandingan proyeksi kebutuhan listrik Provinsi D.I.Yogyakarta menggunakan *Simple-E* dengan dokumen RUPTL adalah berikut



Gambar 5. Perbandingan proyeksi dengan dokumen RUPTL

3.2. Hasil Simulasi Penyulang Jaringan dan Kapasitas Transformator Gardu Induk Godean Provinsi D.I. Yogyakarta Menggunakan Software ETAP 12.6.0

a) Tahun 2016

Dari report hasil simulasi jaringan per *feeder* dengan data teknis tahun 2016 kapasitas transformator 2 x 30 MVA untuk drop voltage nya diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 9. drop tegangan GI Godean simulasi ETAP tahun 2016

No	Feeder	Teg Pangkal (KV)	Teg Ujung (KV)	Drop Teg (%)	Hasil Evaluasi
1	GDN04	19,221	17,516	8,87	Tidak Memenuhi Syarat
2	GDN05	19,221	18,811	2,13	Memenuhi Syarat
3	GDN06	19,221	19,144	0,40	Memenuhi Syarat
4	GDN01	19,158	18,982	0,92	Memenuhi Syarat
5	GDN02	19,158	18,1	5,52	Tidak Memenuhi Syarat
6	GDN03	19,158	18,831	1,71	Memenuhi Syarat

Dari tabel diatas secara keseluruhan ada 2 feeder yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %) yaitu GDN04 (8,87%) dan GDN02 (5,52%). Dimana 2 feeder tersebut kurang dari standard yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu 5,5%

b) Tahun 2017

Gardu induk Godean sendiri pada tahun 2017 belum ada rencana untuk menaikkan kapasitas trafo. Setelah penambahan panjang feeder jaringan dan prosentase rata-rata pada beban per tahun ditambahkan (data terakhir April 2017), adalah sebagai berikut:

Tabel 10. drop tegangan GI Godean simulasi ETAP tahun 2017

No	Feeder	Teg Pangkal (KV)	Teg Ujung (KV)	Drop Teg (%)	Hasil Evaluasi
1	GDN04	19,205	17,448	9,15	Tidak Memenuhi Syarat
2	GDN05	19,205	18,802	2,10	Memenuhi Syarat
3	GDN06	19,205	19,125	0,42	Memenuhi Syarat
4	GDN01	19,1	18,929	0,90	Memenuhi Syarat
5	GDN02	19,1	18,032	5,59	Tidak Memenuhi Syarat
6	GDN03	19,1	18,681	2,19	Memenuhi Syarat

Secara keseluruhan ada 2 feeder yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %) yaitu GDN04 (9,15%) dan GDN02 (5,59%) serta bertambahnya drop tegangan pada feeder lainnya yang disebabkan oleh bertambahnya beban setiap tahunnya. Dimana 2 feeder tersebut kurang dari standard yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu 5,5%.

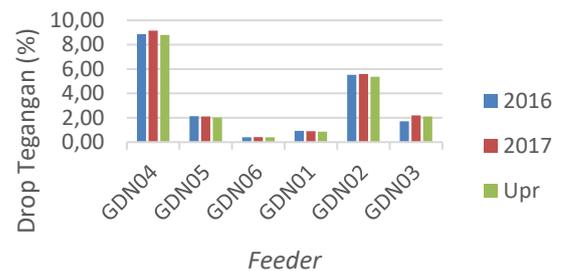
c) Rencana Pengembangan Gardu Induk Godean D.I. Yogyakarta Mengacu pada RUPTL

Mengacu pada RUPTL jangka panjang, Gardu induk Godean sendiri akan mengalami upgrade trafo dari 2 x 30 MVA menjadi 2 x 60 MVA. Setelah penambahan kapasitas trafo dan prosentase rata-rata pada beban per tahun ditambahkan, berdasarkan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 didapatkan data keluaran sebagai berikut:

Tabel 11. drop tegangan setelah uprating transformator

No	Feeder	Tegangan Pangkal (KV)	Tegangan Ujung (KV)	Drop Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
1	GDN04	19,616	17,889	8,80	Tidak Memenuhi Syarat
2	GDN05	19,616	19,219	2,02	Memenuhi Syarat
3	GDN06	19,616	19,538	0,40	Memenuhi Syarat
4	GDN01	19,568	19,399	0,86	Memenuhi Syarat
5	GDN02	19,568	18,518	5,37	Memenuhi Syarat
6	GDN03	19,568	19,156	2,11	Memenuhi Syarat

Setelah dilakukan simulasi menggunakan ETAP penambahan kapasitas transformator dari 2 x 30 MVA menjadi 2 x 60 MVA pada Gardu Induk Godean secara keseluruhan didapatkan hasil perbaikan pada tiap-tiap feeder. Secara keseluruhan masih terdapat 1 feeder yaitu GDN04 (8,80%) yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %).



Gambar 6. Grafik perbandingan drop tegangan sebelum dan setelah penambahan kapasitas trafo dan prosentase rata-rata pada beban per tahun ditambahkan

4. Kesimpulan

Hasil proyeksi jumlah pelanggan, daya tersambung dan konsumsi energi listrik di Provinsi D.I. Yogyakarta semakin meningkat setiap tahun nya, proyeksi jumlah pelanggan meningkat sebesar 4,5%, kebutuhan energi listrik meningkat sebesar 5,5%, dan daya tersambung meningkat sebesar 5,3%. Untuk proyeksi jumlah total pelanggan Provinsi Hasil simulasi jaringan GI Godean baik tahun 2016 maupun tahun 2017 menggunakan software ETAP 12.6.0 susut tegangan/voltage drop yang kurang memenuhi syarat adalah feeder GDN 04 dan GDN02 Karena melebihi standard yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu sebesar 5,5 %.

Referensi

- [1]. R. Wadyomukti, "Analisis Perbandingan Metode DKL 3.2 dengan Metode Simple Econometric," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.
- [2]. D. Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta, 1990.
- [3]. C.W Andro. "Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Dengan Menggunakan Metode Simple Econometric," Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [4]. Rencana Umum Perencanaan Tenaga Listrik 2016-2025, PT PLN (Persero), 2016.
- [5]. B. Kermanshahi dan H. Iwamiya, "Up to year 2020 load forecasting using neural nets," Environmental Energy Engineering Tokyo University, 2002.
- [6]. Nugroho, A. 2009. Sistem Infotmasi Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang: Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP
- [7]. D. Rachmawati dan B. Sutijo, "Pemodelan konsumsi listrik berdasarkan jumlah pelanggan PLN Jawa Timur untuk kategori rumah tangga," Surabaya, 2013.
- [8]. D. Suswanto. "Analisis Peramalan Beban dan Kebutuhan Energi Listrik," dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Univesitas Padang, 2009.
- [9]. Data Statistik Tahun 2010-2014, PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta.
- [10]. A. Teguh, "Analisa Kebutuhan Gardu Induk Baru Di Wilayah APJ Pekalongan Dari Tahun 2012-2016," Universitas Diponegoro, Semarang, 2012