

PRAKIRAAN BEBAN PUNCAK RAYON KOTA CIREBON TAHUN 2015 – 2019 MENGGUNAKAN METODE *SIMPLE-E*

Rifqi Wijaya^{*)}, Bambang Winardi, and Karnoto

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

^{*)E-mail: rifqiw2@gmail.com}

Abstrak

Ketersediaan energi listrik merupakan faktor yang sangat penting dalam rangka melakukan pembangunan suatu daerah karena dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat. Berdasarkan kondisi *existing* kelistrikan Kota Cirebon tahun 2015 pembebanan transformator Gardu Induk Cangkring 1×30 MVA dan Gardu Induk Sunyaragi 3×60 MVA sudah mendekati 70% sehingga perlu di evaluasi 4-5 tahun kedepan. Dalam rangka melakukan analisis ketersediaan transformator Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi dari tahun 2015–2019, maka perlu diproyeksikan terlebih dahulu kebutuhan beban puncak di Kota Cirebon dari tahun 2015 sampai tahun 2019 menggunakan software *Simple-E* dengan mengembangkan model Ordinary Least (OLS) dan DKL 3.2. Dari hasil proyeksi menggunakan software *Simple-E*, total beban puncak dari tahun 2015-2019 berturut-turut adalah 100,7 MVA; 108,5 MVA; 116,8 MVA; 125,5 MVA; dan 135 MVA. Dengan melakukan pembebanan maksimal 80% pada transformator Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi, ketersediaan transformator tahun 2015-2017 masih mencukupi, sedangkan tahun 2018 dan tahun 2019 mengalami kekurangan masing – masing sebesar 6 MVA dan 15 MVA. Berdasarkan hasil tersebut, maka disarankan untuk melakukan penambahan transformator 1×60 MVA di Gardu Induk Cangkring.

Kata kunci: Penyediaan energi listrik, Gardu Induk Cangkring, Gardu Induk Sunyaragi, Konsumsi energi listrik, Proyeksi, Software Simple-E

Abstract

Availability of electrical energy is a very important factor in the framework of development of a region because it can affect the economic growth and social welfare. Based on the existing condition of Cirebon 2015 electricity transformer substation loading Cangkring 1 × 30 MVA and substation Sunyaragi 3 × 60 MVA is already approaching 70% so it is necessary in the evaluation of 4-5 years. In order to analyze the availability of the transformer substation Cangkring and Sunyaragi of the year 2015-2019, it is necessary to first projected peak load demand in the city of Cirebon from 2015 to 2019 using software *Simple-E* to develop a model Ordinary Least (OLS) and DKL 3.2. From the results of the projection using software *Simple-E*, the amount peak load of 2015-2019 years in a row is 100,7 MVA; 108,5 MVA; 116,8 MVA; 125,5 MVA; and 135 MVA. By performing the maximum loading of 80% at the transformer substation Cangkring and Sunyaragi, availability transformer 2015-2017 is sufficient, whereas in 2018 and 2019 experienced a shortage of each amounting to 6 MVA and 15 MVA. Based on these results, it is advisable to perform additional 1 × 60 MVA transformer at the substation Cangkring.

Keywords: Supply of electrical energy, Cangkring substation, substation Sunyaragi, electric energy consumption, projection, Software Simple-E

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan parameter pembangunan suatu daerah karena pengelolaan sumber daya energi listrik yang tepat akan menjadikan suatu wilayah berkembang dan bermanfaat secara optimal[1]. Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah seperti sektor

industri, komersial, pelayanan publik dan kualitas hidup masyarakat. Ketersediaan energi listrik akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat[2]. 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[3]. Berdasarkan kondisi *existing* kelistrikan Kota Cirebon tahun 2015, total konsumsi energi listrik Kota Cirebon mencapai 595 GWh dan melayani sekitar 74.437 pelanggan yang terdiri dari 59.704 pelanggan rumah tangga, 10.161 pelanggan komersil / bisnis, 4387 pelanggan publik dan 185 pelanggan industri, dengan pembebanan pada transformator Gardu Induk Cangkring 1x30 MVA dan gardu induk Sunyaragi 3x60 MVA sudah mendekati 70%[4]. Menurut Hermawan – Karnoto dalam bukunya yang berjudul Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik, jika pembebanan $GI \geq 70\%$ dari kapasitas nominalnya maka 4-5 tahun kemudian pembebanan yang terjadi sudah mencapai 90 s.d 95% sehingga perlu di evaluasi *manuver* beban ke GI-GI di sekitarnya[2]. Penambahan kapasitas transformator merupakan opsi terakhir ketika gardu induk lainnya dalam suatu Rayon tidak mampu melayani dan menyuplai beban dikarenakan kapasitas transformator gardu induk telah mencapai batas maksimum kapasitas terpasang sedangkan beban telah / hampir *overload*[5]. Permasalahan ini merujuk pada wilayah Kota Cirebon dengan kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa perlu adanya penambahan transformator baru untuk membantu penyuplaian beban gardu induk yang sudah mendekati *overload*.

2. Metode

2.1. Metode 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[2].

a) Rumah Tangga

$$\begin{aligned} \text{JumlahPelanggan} &= (POP/RPRT) * ELEC \\ \text{Konsumsi listrik} &= f(GDP, HNRES, PLRES) \\ \text{Daya tersambung} &= f(PLRES) \\ \text{Keterangan} \\ \text{POP} &= \text{Jumlah Penduduk} \\ \text{RPRT} &= \text{Rata-rata penghuni rumah} \\ &\quad \text{tangga } RPRT = POP/RT \\ \text{RT} &= \text{Jumlah Rumah Tangga} \\ \text{ELEC} &= \text{rasio Elektrifikasi} \\ \text{GDP} &= \text{PDB/PDRB total} \\ \text{HNRES} &= \text{Harga Listrik Rumah Tangga} \\ \text{PLRES} &= \text{Pelanggan Rumah tangga} \end{aligned}$$

b) Komersil/bisnis

$$\begin{aligned} \text{JumlahPelanggan} &= (PLCOM - 1 * (1 + GCOM)) \\ \text{Konsumsi listrik} &= f(GDPCOM, HNCOM, PLCOM) \\ \text{Daya tersambung} &= f(PLCOM) \\ \text{Keterangan} \\ \text{PLCOM-1} &= \text{Pelanggan listrik sebelumnya} \\ \text{GCOM} &= \text{Pertumbuhan PDRB komersil} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GDPCOM} &= \text{PDB/PDRB komersil} \\ \text{GDPCOM} &= GDP * (PCM/PTL) \\ \text{GDP} &= \text{PDB/PDRB Total} \\ \text{PCM} &= \text{Pertumbuhan Komersil/Bisnis} \\ \text{PTL} &= \text{Pertumbuhan Total} \\ \text{HNCOM} &= \text{Harga Listrik komersil} \\ \text{PLCOM} &= \text{Pelanggan komersil} \end{aligned}$$

c) Publik

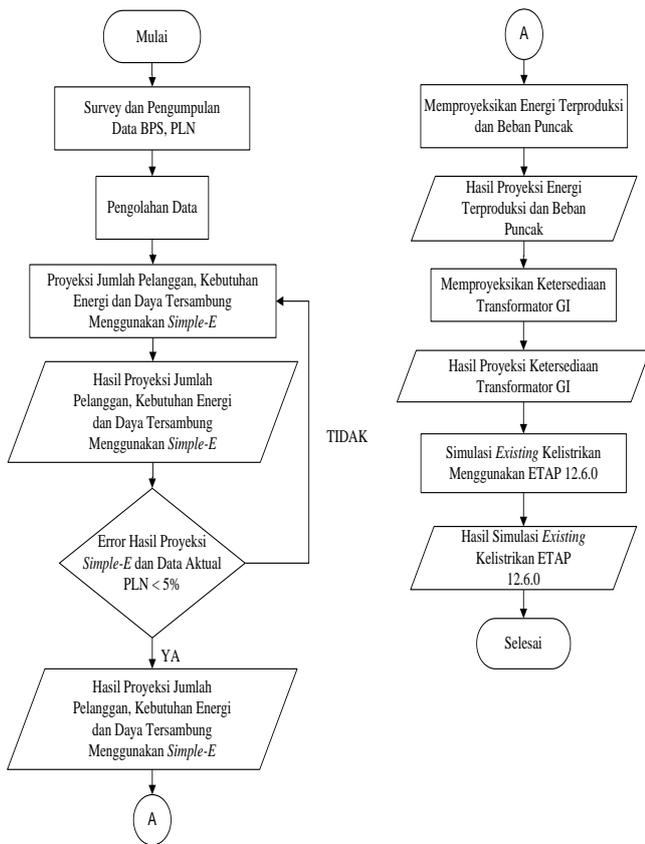
$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pelanggan} &= (PLPUB - 1 * (1 + GPUB)) \\ \text{Konsumsi listrik} &= f(GDPPUB, HNPPUB, PLPUB) \\ \text{Daya tersambung} &= f(PLPUB) \\ \text{Keterangan} \\ \text{PLPUB-1} &= \text{Pelanggan listrik sebelumnya} \\ \text{GPUB} &= \text{Pertumbuhan PDRB publik} \\ \text{GDPPUB} &= \text{PDB/PDRB publik} \\ \text{GDPCOM} &= GDP * (PPUB/PTL) \\ \text{GDP} &= \text{PDB/PDRB Total} \\ \text{PPUB} &= \text{Pertumbuhan Publik} \\ \text{PTL} &= \text{Pertumbuhan Total} \\ \text{HNPPUB} &= \text{Harga Listrik publik} \\ \text{PLPUB} &= \text{Pelanggan publik} \end{aligned}$$

d) Industri

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pelanggan} &= (PLIND - 1 * (1 + GIND)) \\ \text{Konsumsi listrik} &= f(GDPIND, HNIND, PLIND) \\ \text{Daya tersambung} &= f(PLIND) \\ \text{Keterangan} \\ \text{PLIND-1} &= \text{Pelanggan listrik sebelumnya} \\ \text{GPIIND} &= \text{Pertumbuhan PDRB industri} \\ \text{GDPIND} &= \text{PDB/PDRB industri} \\ \text{GDPCOM} &= GDP * (PIND/PTL) \\ \text{GDP} &= \text{PDB/PDRB Total} \\ \text{PIND} &= \text{Pertumbuhan Industri} \\ \text{PTL} &= \text{Pertumbuhan Total} \\ \text{HNIND} &= \text{Harga Listrik industri} \\ \text{PLIND} &= \text{Pelanggan industri} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{a. Energi Produksi} &= \frac{\text{Total kebutuhan Energi}}{1 - \text{rugi jaringan}(\%)} \\ \text{b. Beban Puncak} &= \frac{\text{Energi Produksi}}{8760 * \text{faktor beban}} \\ \text{c. tingkat pertumbuhan} &= \frac{x \text{ tahun sekarang} - x \text{ tahun sebelumnya}}{x \text{ tahun sebelumnya}} \\ \text{d. rata2 pertumbuhan} &= \frac{\sum \text{tingkat pertumbuhan pertahunan}}{N} \end{aligned}$$



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Ketersediaan Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi Tahun 2015 - 2019

3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Simulasi SEEx

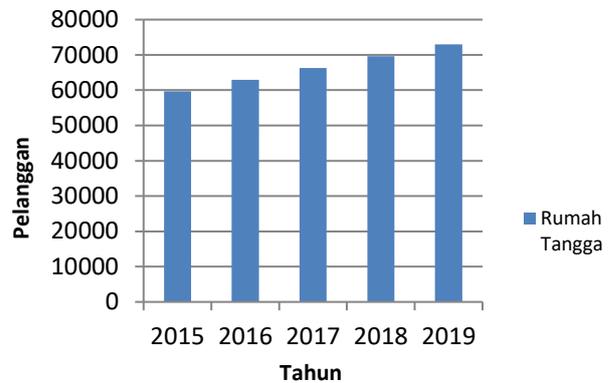
Hasil simulasi menggunakan *Simple-E* terdiri dari proyeksi jumlah pelanggan energi listrik, proyeksi konsumsi energi listrik dan proyeksi daya listrik tersambung di Kota Cirebon tahun 2015 – 2019.

Tabel 1. Hasil proyeksi jumlah pelanggan listrik Kota Cirebon tahun 2015 – 2019.

Tahun	Rumah Tangga	Komersil	Publik	Industri	Total
2015	59.704	9.903	4.650	197	74.454
2016	62.959	10.421	4.934	207	78.521
2017	66.255	10.955	5.227	216	82.653
2018	69.592	11.505	5.529	226	86.852
2019	72.971	12.069	5.840	236	91.116

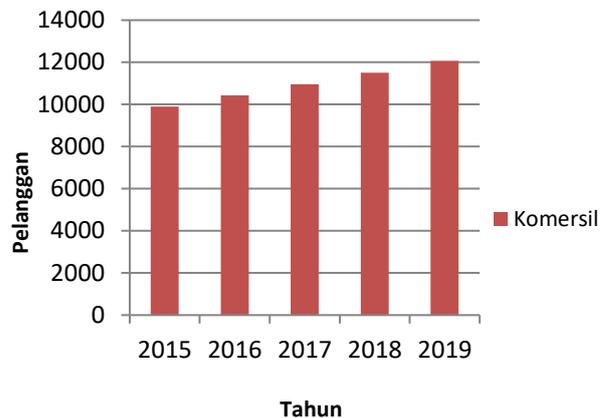
Berdasarkan tabel 3.1 diatas, rata-rata total pertumbuhan pelanggan 5,17% per tahun dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 5,14%, Komersial sebesar 5,06%, Publik sebesar 5,86% dan Industri sebesar 4,84%. Berikut diagram keluaran jumlah pelanggan menggunakan *Simple-E*.

Grafik Proyeksi Jumlah Pelanggan Rumah Tangga



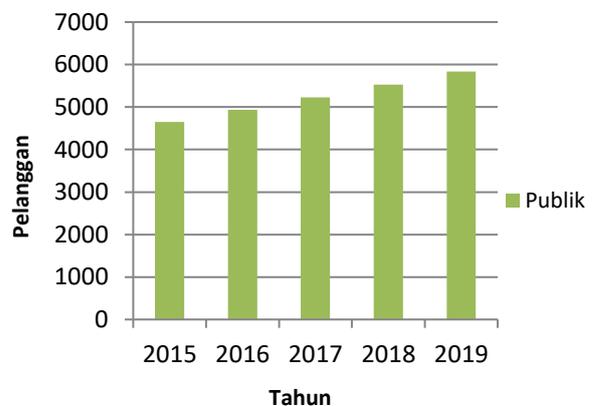
Gambar 2. Proyeksi jumlah pelanggan rumah tangga Kota Cirebon tahun 2015–2019.

Grafik Proyeksi Jumlah Pelanggan Komersil

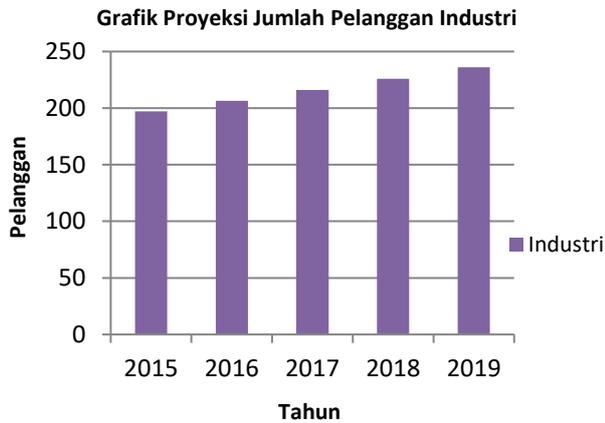


Gambar 3. Proyeksi jumlah pelanggan komersil Kota Cirebon tahun 2015–2019.

Grafik Proyeksi Jumlah Pelanggan Publik



Gambar 4. Proyeksi jumlah pelanggan komersil Kota Cirebon tahun 2015–2019.

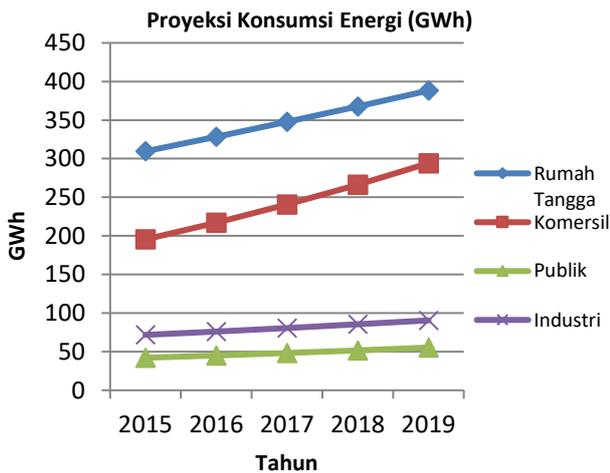


Gambar 5. Proyeksi jumlah pelanggan industri Kota Cirebon tahun 2015-2019.

Tabel 2. Hasil proyeksi konsumsi energi listrik Kota Cirebon tahun 2015 – 2019 (GWh).

Tahun	Rumah Tangga	Komersil	Publik	Industri	Total
2015	311	195	42	69	617
2016	331	217	45	72	665
2017	352	241	48	75	716
2018	373	266	52	78	769
2019	396	394	55	81	826

Berdasarkan tabel 3.3 diatas, rata-rata total pertumbuhan energi 7,56% per tahun dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 6,23%, Komersial sebesar 10,81%, Publik sebesar 6,97% dan Industri sebesar 4,09%. Berikut diagram keluaran kebutuhan energi listrik menggunakan *Simple-E*.



Gambar 6. Proyeksi konsumsi energi listrik Kota Cirebon tahun 2015 – 2019.

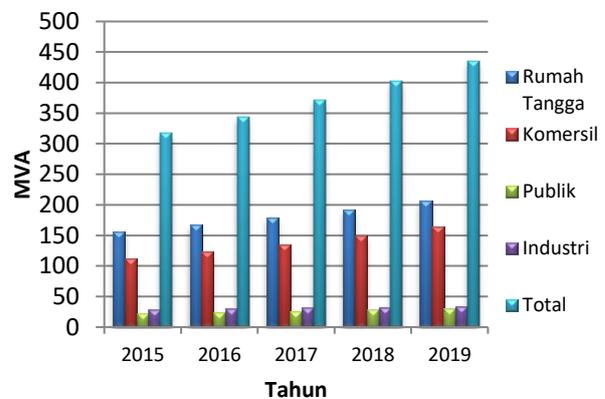
Berdasarkan tabel 3.5 diatas, rata-rata total pertumbuhan daya tersambung per tahun 8,2% dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor pemakai yaitu Rumah Tangga sebesar 7,4%, Komersial sebesar 10,4% dan Publik sebesar 7,8% dan Industri sebesar 5%. Berikut

diagram keluaran daya tersambung menggunakan *Simple-E*.

Tabel 3. Hasil proyeksi daya tersambung Kota Cirebon tahun 2015 – 2019 (MVA).

Tahun	Rumah Tangga	Komersil	Publik	Industri	Total
2015	155	111	23	28	317
2016	167	123	24	30	344
2017	179	135	26	31	371
2018	192	149	29	33	403
2019	206	165	31	34	436

Grafik Proyeksi Daya Tersambung (MVA)



Gambar 7. Proyeksi daya listrik tersambung Kota Cirebon Tahun 2015 – 2019.

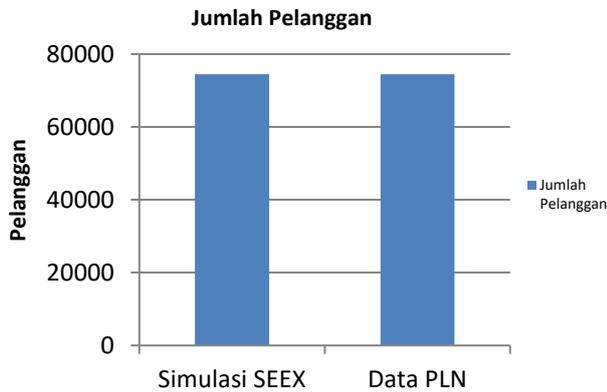
3.2. Perbandingan Hasil Simulasi *SEEx* dengan Data Aktual PLN Tahun 2015

Untuk mengetahui keakuratan dari peramalan menggunakan *Simple E. Expanded (SEEx)* ini, maka digunakan data aktual 2015 dari PLN sebagai pembandingan terhadap hasil peramalan yang diperoleh.

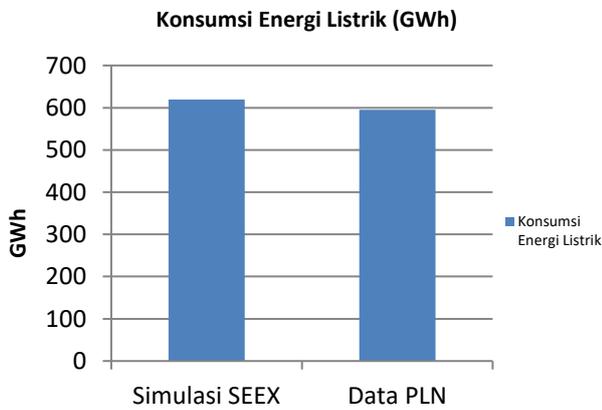
Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi dan data aktual PLN.

Tahun 2015	Hasil Simulasi <i>SEEx</i>	Data PLN	Error (%)
Jumlah Pelanggan	74.455	74.437	0,02%
Energi Listrik Terjual (GWh)	617	595	3,7%
Daya Listrik Tersambung (MVA)	317	313	1,27%

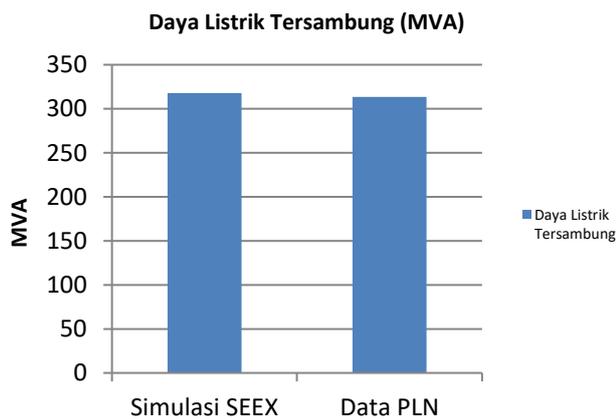
Tabel 4 menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi *SEEx* dengan data aktual PLN. Berdasarkan tabel 4, hasil simulasi sudah mendekati data aktual sehingga dapat disimpulkan bahwa akurasi simulasi cukup akurat. Berikut diagram perbandingan hasil simulasi *SEEx* dan data aktual PLN.



Gambar 8. Perbandingan jumlah pelanggan hasil simulasi dan data PLN.



Gambar 9. Perbandingan energi listrik terjual hasil simulasi dan data PLN.



Gambar 10. Perbandingan daya listrik tersambung hasil simulasi dan data PLN.

3.3. Proyeksi Energi Terproduksi

Penghitungan energi terproduksi dapat dihitung menggunakan persamaan :

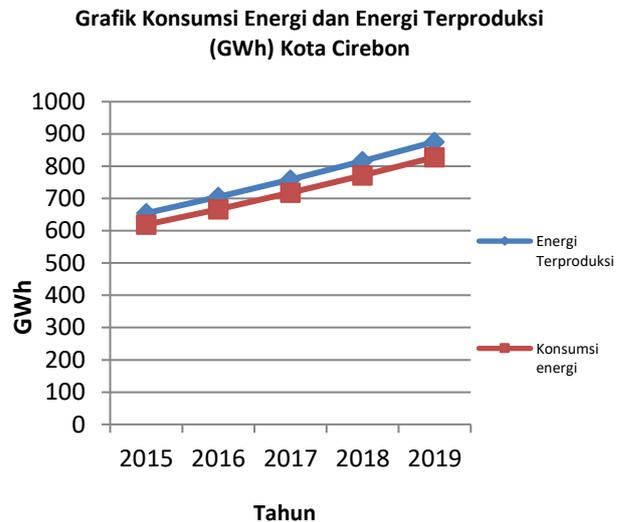
Energi yang diproduksi =

$$\frac{\text{Total kebutuhan konsumsi energi}}{1-Lt}; Lt=0,0544 \text{ (data PLN)}$$

Tabel 5. Proyeksi energi terproduksi.

Tahun	Konsumsi Energi (GWh)	Energi Terproduksi (GWh)
2015	617	652
2016	665	703
2017	716	757
2018	769	813
2019	826	874

Tabel 4.8 menjelaskan bahwa terjadi peningkatan konsumsi energi yang harus diikuti dengan peningkatan produksi energi. Pada tahun 2019 Kota Cirebon harus mentergetkan ketersediaan energi listrik setidaknya 874 GWh untuk menunjang pertumbuhan pembangunan. Berikut diagram keterkaitan konsumsi energi dan energi terproduksi.



Gambar 11. Konsumsi energi dan energi terproduksi (GWh) Kota Cirebon.

3.4. Proyeksi Beban Puncak

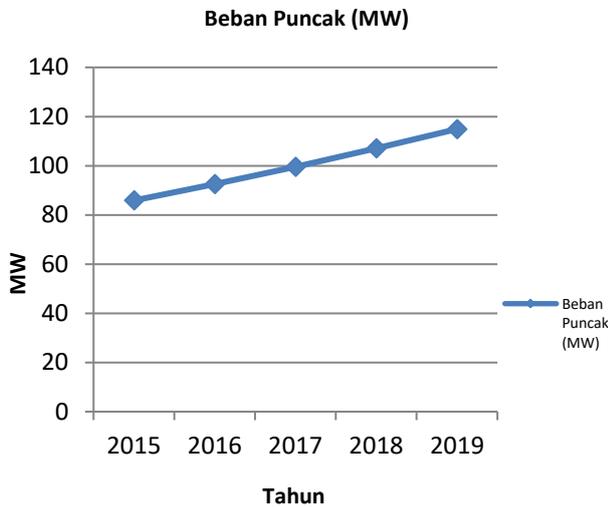
Beban puncak total Kota Cirebon didasarkan pada nilai energi terproduksi dibagi waktu operasi dan faktor beban (*load factor*). Faktor beban Kota Cirebon berdasarkan data PLN yaitu 0,87. Penghitungan nilai beban puncak dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Beban Puncak} = \frac{\text{Total Energi yang diproduksi}}{8760 \times LF}$$

Tabel 6. Proyeksi beban puncak.

Tahun	Beban Puncak (MW)
2015	85,6
2016	92,24
2017	99,3
2018	106,67
2019	114,68

Tabel 4.9 menjelaskan bahwa terjadi peningkatan beban puncak dari tahun ke tahun. Beban puncak pada tahun 2015 bernilai 85,6 MW, dan beban puncak pada tahun 2019 bernilai 114,68 MW mengalami peningkatan sebesar 34%.



Gambar 12. Proyeksi beban puncak (GWh) Kota Cirebon.

3.5. Volume Kebutuhan Transformator GI

Untuk mengantisipasi kebutuhan kapasitas trafo di Gardu Induk yang menyuplai listrik di Rayon Kota Cirebon, maka dibutuhkan prakiraan beban puncak di Rayon Kota Cirebon. Pertumbuhan beban puncak di Rayon Kota Cirebon untuk tahun 2015-2019 dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan kondisi existing kelistrikan Kota Cirebon tahun 2015, total daya yang tersedia adalah 150 MVA. Dengan menggunakan pembebanan 80%, maka pembebanan maksimal yang dapat dipikul oleh trafo gardu induk Cangkring dan gardu induk Sunyaragi sampai tahun 2015 sebesar 120 MVA.

Tabel 7. Proyeksi beban puncak dan pembebanan trafo GI 80%.

Tahun	Beban Puncak (MW)	Beban Puncak (MVA)	GI Pembebanan 80% (MVA)	Kekurangan Kapasitas Trafo GI (MVA)
2015	85,6	100,7	120	-
2016	92,24	108,5	120	-
2017	99,3	116,8	120	-
2018	106,67	125,5	120	6
2019	114,68	135	120	15

Berdasarkan tabel 7 pada tahun 2019 Kota Cirebon harus menargetkan ketersediaan daya listrik sebesar 139,29 MW untuk menunjang pertumbuhan pembangunan. Sedangkan ketersediaan gardu induk berdasarkan existing 2015 sebesar 120 MVA, sehingga terdapat kekurangan sebesar 15 MVA.

Jika diasumsikan melakukan *uprating* transformator Gardu Induk Cangkring 1×30 MVA menjadi 1×60 MVA, maka total pembebanan maksimal gardu induk di Kota Cirebon yaitu sebesar 144 MVA. Nilai tersebut terlalu dekat dengan kebutuhan MVA di tahun 2019 yaitu sebesar 135 MVA. Jika diasumsikan melakukan penambahan transformator 1×60 MVA di Gardu Induk Sunyaragi, hal tersebut tidak dapat dilakukan karena kapasitas kondisi *existing* transformator gardu induk Sunyaragi 150 kV yaitu 3×60 MVA dengan 2 diantaranya menyuplai Kota Cirebon dan sisanya menyuplai Kabupaten Cirebon. Menurut Hermawan – Karnoto dalam bukunya yang berjudul Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik, untuk gardu induk 150 kV pada daerah padat / cukup padat dibatasi kapasitasnya 3×60 MVA. Sesuai dengan teori tersebut, maka penambahan transformator di gardu induk Sunyaragi tidak disarankan secara teknis [2]. Sehingga diusulkan melakukan penambahan transformator pada Gardu Induk Cangkring sebesar 1×60 MVA.

3.6. Hasil Simulasi Studi Aliran Daya

Simulasi studi aliran daya digunakan untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada transformator 1 Gardu Induk Cangkring, Transformator 4 dan 6 Gardu Induk Sunyaragi. Dalam hal ini, simulasi yang digunakan berdasarkan kondisi existing jaringan kelistrikan PLN Rayon Kota Cirebon tahun 2015 dengan skema pertumbuhan beban berdasarkan beban puncak seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Pertumbuhan Beban Puncak.

Tahun	Pertumbuhan (%)
2015	-
2016	7,76
2017	7,65
2018	7,42
2019	7,6

Hasil simulasi studi aliran daya per tahun dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Simulasi Studi Aliran Daya Pembebanan Trafo GI.

Gardu Induk	Trafo	MVA				
		2015	2016	2017	2018	2019
Cangkring	1	15,44	16,87	18,48	20,23	21,71
	4	36,81	39,81	42,61	46,84	50,95
	6	40,32	42,64	44,60	47,88	50,97
Total		84,19	92,57	99,32	105,69	114,95

Berdasarkan tabel 9, total kapasitas penggunaan Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi dari tahun 2015 hingga tahun 2019 mengalami peningkatan. Dapat diketahui bahwa pada tahun 2019 total kapasitas terpakai Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi sebesar 123,63 MVA atau $\geq 80\%$. Menurut Hermawan – Karnoto dalam

bukunya yang berjudul Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik, jika pembebanan $GI \geq 70\%$ dari kapasitas nominalnya maka 4-5 tahun kemudian pembebanan yang terjadi sudah mencapai 90 s.d 95% sehingga perlu di evaluasi *manuver* beban ke GI-GI di sekitarnya[5]. Dikarenakan pembebanan rata - rata di Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi melebihi 80%, maka diusulkan melakukan penambahan transformator pada Gardu Induk Cangkring sebesar 1×60 MVA.

Simulasi studi aliran daya ETAP 12.6.0 yang digunakan dalam menggambarkan kondisi existing kelistrikan Kota Cirebon dari tahun 2015 – 2019 menggunakan pertumbuhan beban puncak total, mengabaikan karakteristik beban secara spesifik dalam suatu feeder.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian proyeksi skenario *Simple-E* yang telah dilakukan di Rayon Kota Cirebon, total beban puncak pada tahun 2015 sebesar 100,7 MVA, tahun 2016 sebesar 108,5 MVA, tahun 2017 sebesar 116,8 MVA, tahun 2018 sebesar 125,5 MVA dan tahun 2019 sebesar 135 MVA.

Pertumbuhan jumlah kebutuhan energi listrik per tahun selalu mengalami peningkatan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pada tahun 2015 – 2017 ketersediaan transformator Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi masih mencukupi untuk menyuplai beban di Rayon Kota Cirebon. Sedangkan untuk tahun 2018 dan tahun 2019 ketersediaan transformator Gardu Induk Cangkring dan Sunyaragi mengalami kekurangan masing – masing sebesar 6 MVA dan 15 MVA.

Hasil simulasi studi aliran daya menggunakan ETAP 12.6.0 menunjukkan bahwa total kebutuhan energi listrik Kota Cirebon pada tahun 2015 sebesar 92,57 MVA, pada tahun 2016 sebesar 99,32 MVA, pada tahun 2017 sebesar 105,69 MVA, pada tahun 2018 sebesar 114,95 MVA dan pada tahun 2019 sebesar 123,63 MVA.

Referensi

- [1]. D. T. Wahyuni, U. Ciptomulyono, N. Siswanto. *Pendekatan Model Ekonometri Untuk Peramalan Kebutuhan Listrik Periode 2005 – 2015 Di Wilayah Malang*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November; 2009.
- [2]. Sulasno, *Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*, Graha Ilmu, Semarang, 2009.
- [3]. Hermawan, Karnoto. *Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik*. Universitas Diponegoro; 2008.
- [4]. Perusahaan Listrik Negara Distribusi Jabar dan Banten. *Laporan Penjualan Aliran Listrik*. Cirebon: APJ Cirebon dan Rayon Kota Cirebon; 2015
- [5]. Marsudi Djiteng. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2006.
- [6]. R. Munir. *Metode Numerik*. Bandung: Informatika. 2010.
- [7]. Bhargava, B. Singh, S. Gupta. *Consumption of electricity in Punjab: Structure and growth*. India: Dep. of Eco., DAV College Hoshiarpur. 2009.
- [8]. P. G. Allen dan R. Fildes. *Econometric Forecasting, Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. University of Massachusetts; 2000.
- [9]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, PT PLN (Persero), 2010.
- [10]. Yamaguchi, Kaoru. *Simple Econometric Simulation System*. Institute Of Energy Economics. Japan. 2005.
- [11]. *ETAP 12.6 User Guide*, Operation Technology Inc., Southern California, 2014.
- [12]. Sigid, Purnama. *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga (Studi kasus trafo GTG 1.3 PLTGU Tambak Lorok Semarang)*. Semarang: Universitas Diponegoro; 2008.