

Pemodelan Kebutuhan Listrik Indonesia Terkait Pencapaian Sasaran Kebijakan Energi Nasional

Sartika¹, Aryo Prawoto Wibowo²

^{1&2}Program Studi Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung
email: sartika2190@gmail.com

ABSTRACT

Electricity is one of primary demand that is very important to human life, where almost all of human activities rely on electricity. But, as electricity has limited resource, its utilization must be optimized. It is necessary to increase the energy efficiency so that the energy elasticity will be decreasing. Based on one-directional causality from economic development to electricity consumption, it is shown that the application of conservation policy in reducing electricity consumption has no impact to GDP, which is one parameter of economic development. Besides that, the directional causality also suggests that GDP can be used as a variable in building electricity demand model. The national electricity demand modelling is influenced by several variables, including GDP, electricity prices, installed capacity, and total of previous year electricity consumption. Based on RUPTL (General Plan of Power Generation), the additional installed capacity in 2025 is planned to reach 129 GW (Giga Watts). So, the 115 GW installed capacity that already planned by KEN (Kebijakan Energi Nasional – National Energy Policy) could be achieved if the plan could be realized. KEN is also targeting that the amount of total electricity consumption per capita in 2025 reaching up to 2,500 KWh. The demand of electricity until 2025 is estimated using 2 scenarios. The first scenario is based on GDP's growth as stated in RPJMN for four consecutive year from 2015-2018, i.e. 5.8%, 6.6%, 7.1% and 7.5%. For the period of 2019-2025, an 8% of GDP's growth is used. Then, second scenario is done by using GDP's growth around 9% per year. Based on first scenario, the demand of electricity per capita in 2025 is 2,067.55 KWh, while for second scenario is 2,526.73 KWh. Finally, although the target of installed capacity had been reached, the electricity demand must be supported by a high GDP's growth. So that, the goals which already targeted by KEN could be achieved. In order to produce appropriate electricity demand, 156 million tonnes coal is needed for first scenario and 196 million tonnes for second scenario.

Keywords: Causality, KEN, economic growth, electricity consumption

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting bagi kehidupan manusia, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Mengingat bahwa konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan yang sangat erat. Upaya untuk mengetahui hubungan sebab-akibat atau kausalitas diantara keduanya menjadi sangat penting. Arah dari hubungan kausalitas tersebut

sangat menentukan kebijakan yang harus diambil. Berdasarkan PP Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, sasaran pemanfaatan listrik per kapita pada tahun 2025 sekitar 2.500 KWh dan sasaran jumlah kapasitas pembangkit listrik terpasang sebesar 115 GW. Sedangkan konsumsi listrik per kapita pada tahun 2014 adalah sebesar 787,59 KWh dengan jumlah kapasitas pembangkit listrik terpasang sebesar 51,62 GW. Untuk mendukung pencapaian tersebut

dalam RUPTL tertuang rencana pembangunan ketenagalistrikan untuk 10 tahun ke depan rencana penambahan kapasitas pembangkit Indonesia sebesar 70,4 GW. Mengingat hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan kebutuhan listrik di Indonesia terkait pencapaian sasaran KEN. Dimana dalam membangun model kebutuhan listrik diperlukan arah hubungan kausalitas antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi listrik. Arah kausalitas antara konsumsi listrik dan pertumbuhan ekonomi juga dapat digunakan sebagai acuan dalam membangun model kebutuhan listrik Indonesia serta menghitung jumlah batubara yang dibutuhkan sebagai bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut.

Penelitian ini diawali dengan uji Kausal Granger untuk mengetahui arah hubungan kausal antara konsumsi listrik dan pertumbuhan ekonomi. Dimana arah dari hubungan kausal tersebut dapat digunakan untuk melihat apakah penerapan kebijakan konservasi energi khususnya listrik akan berdampak negatif terhadap pertumbuhan ekonomi. Selain itu, arah dari hubungan kausal tersebut juga dijadikan sebagai acuan dalam menentukan apakah variabel pertumbuhan ekonomi mempengaruhi pembentukan model kebutuhan listrik. Selanjutnya dilakukan pemodelan kebutuhan listrik nasional dan dilakukan peramalan hingga tahun 2025. Hasil peramalan tersebut akan dibandingkan dengan pencapaian sasaran konsumsi listrik yang tertuang dalam KEN. Kemudian menghitung jumlah kebutuhan batubara yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas merupakan studi yang bertujuan untuk mendeteksi ada atau tidaknya hubungan sebab akibat diantara variabel-variabel yang diteliti. Uji ini pada intinya dapat mengindikasikan apakah suatu variabel mempunyai hubungan dua arah, satu arah atau tidak ada hubungan sama sekali. Pada uji

kausalitas Granger yang dilihat adalah pengaruh masa lalu terhadap kondisi sekarang, sehingga data yang digunakan adalah data *time series*.

Pengujian arah kausalitas Granger dari dua variabel X dan Y dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan *Autoregressive Distributed Lag* (ADL) berganda dengan syarat bahwa data harus stasioner. Konsep kausalitas Granger dinyatakan dalam persamaan berikut (Chontanawat, 2006):

$$Y_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{t-j} + v_t \dots \dots (1)$$

$$X_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^m \gamma_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \delta_j Y_{t-j} + \varepsilon_t \dots \dots (2)$$

Keterangan:

α_1, α_2 = Konstanta

$\beta_i, \gamma_i, \lambda_j, \delta_j$ = Parameter yang akan diestimasi

v_t, ε_t = *Serially uncorrected error term*

m, n = Jumlah lag

B. Metode Ekonometrik

Ekonometrika dapat didefinisikan sebagai analisis kuantitatif dari fenomena ekonomi aktual, berdasarkan perkembangan yang menyeluruh dari teori dan observasi, terkait dengan metode inferensi yang sesuai. Analisis ekonometrika yang digunakan yaitu analisis regresi berganda dengan menggunakan metode *Ordinary least Square* (OLS). Model regresi linear berganda dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n + u_i \dots \dots (3)$$

Keterangan :

Y_i = Variabel terikat/*dependen*

X_n = Variabel bebas/*independen*

β_0 = *Intercept*

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = *Slope*

u_i = *Error*

III. METODOLOGI

Pada bagian ini akan dibahas mengenai penjelasan dari variabel yang digunakan dalam pemodelan kebutuhan listrik. Variabel tersebut diantaranya adalah PDB, konsumsi listrik, kapasitas pembangkit listrik dan harga listrik. Kemudian akan dibahas pula mengenai kebijakan

energi nasional terkait pencapaian sasaran konsumsi listrik di masa depan.

A. Pertumbuhan Ekonomi Indonesia

Selama periode 2001 hingga 2014 laju pertumbuhan PDB atas dasar harga konstan tahun 2000 berkisar antara 3,6% hingga 6,5%. Laju pertumbuhan tertinggi tercatat pada tahun 2011 yaitu sebesar 6,5% dengan peningkatan nilai PDB dari 2.178.850 milyar rupiah menjadi 2.314.459 milyar rupiah. Sedangkan laju pertumbuhan rata-rata PDB atas dasar harga konstan 2000 selama periode 2001 hingga 2014 adalah sekitar 5,4%. Berdasarkan RPJMN (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional), target pertumbuhan ekonomi Indonesia pada periode 2015-2019 disajikan pada pada Tabel 1.

Tabel 1. PDB Harga Konstan Tahun 2000 dan PDB Harga Berlaku

Tahun	PDB Harga Konstan Tahun 2000 (Milyar Rupiah)	Laju Pertumbuhan
2000	1.389.770	-
2001	1.440.405	3,6%
2002	1.505.216	4,5%
2003	1.577.171	4,8%
2004	1.656.516	5,0%
2005	1.750.815	5,7%
2006	1.847.126	5,5%
2007	1.964.327	6,3%
2008	2.082.456	6,0%
2009	2.178.850	4,6%
2010	2.314.459	6,2%
2011	2.464.566	6,5%
2012	2.618.932	6,3%
2013	2.769.053	5,7%
2014	2.909.181	5,1%

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2001-2014

Pertumbuhan ekonomi yang ditargetkan RPJMN (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional) pada periode 2015-2019 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Target Pertumbuhan Ekonomi

Tahun	2015	2016	2017	2018	2019
Proyeksi pertumbuhan PDB (%)	5,8	6,6	7,1	7,5	8,0

Sumber: RPJMN, 2015-2019

B. Kondisi Kelistrikan Indonesia

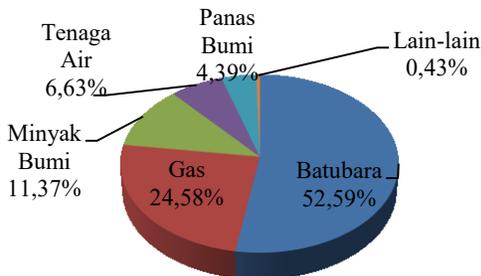
Data konsumsi listrik per kapita disajikan pada Tabel 3, dimana dapat dilihat bahwa konsumsi listrik perkapita Indonesia mengalami peningkatan yang paling signifikan pada tahun 2004 yaitu sebesar 9,3% dengan nilai 459,47 KWh perkapita. Kemudian pada tahun 2014 konsumsi listrik per kapita hanya mengalami pertumbuhan sebesar 4,5% atau sebesar 787,59 KWh perkapita. Sedangkan laju rata-rata pertumbuhan konsumsi listrik perkapita sebesar 5,2% per tahun

Tabel 3. Konsumsi Listrik per Kapita

Tahun	Konsumsi Listrik (KWh per Kapita)	Laju Pertumbuhan
2000	389,10	-
2001	404,60	1,5%
2002	410,79	2,3%
2003	420,36	9,3%
2004	459,47	5,6%
2005	485,29	4,1%
2006	504,95	7,7%
2007	543,67	3,8%
2008	564,58	3,0%
2009	581,68	8,1%
2010	628,99	4,2%
2011	655,21	8,7%
2012	712,45	5,8%
2013	753,73	4,5%
2014	787,59	4,0%

Sumber: Statistik PLN, 2000-2014

Kapasitas pembangkit listrik terpasang pada tahun 2014 yaitu sebesar 51,62 GW, dengan bauran sumber energi primer untuk pembangkitan listrik seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Bauran Sumber Energi Primer untuk Pembangkitan Listrik, 2014

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa kontribusi energi tak terbarukan sangat dominan dalam bauran energi pembangkit listrik 2014 terutama batubara yang memiliki kontribusi paling besar yaitu sebesar 52,59%, kemudian diikuti oleh gas (24,58%) dan minyak bumi (11,37%). Sisanya menggunakan energi baru terbarukan diantaranya tenaga air (6,63%), panas bumi (4,39%) dan lain-lain yang terdiri dari tenaga surya, bayu dan *biofuel* (0,43%). Dalam bauran energi tersebut, penggunaan minyak bumi sudah dikurangi dan digantikan oleh batubara mengingat jumlah cadangan batubara Indonesia yang masih cukup banyak.

Berdasarkan RUPTL PLN, program pengembangan pembangkit listrik untuk periode 2015-2019 dinamakan proyek 35 GW. Program ini merupakan bagian dari rencana pengembangan ketenagalistrikan untuk untuk periode 2015 hingga 2024 yang berjumlah 70,4 GW seperti pada Tabel 4. Dari proyek 35 GW tersebut, baru sekitar 17 GW yang sudah dapat terlaksana dan sisanya sekitar 18,8 GW masih dalam tahap rencana.

Nomor 79 tahun 2014. Terdapat dua kebijakan dalam KEN yaitu kebijakan utama dan kebijakan pendukung. Kebijakan utama yaitu berupa sasaran pemanfaatan energi primer dan energi final. Sasaran yang harus dicapai pada tahun 2025 yaitu penyediaan energi primer sekitar 400 MTOE (*million tonnes of oil equivalent*), pemanfaatan energi primer per kapita sebesar 1,4 TOE (*tonnes of oil equivalent*), penyediaan kapasitas pembangkit listrik sebesar 115 GW, pemanfaatan listrik per kapita sebesar 2500 KWh serta bauran energi primer yang optimal pada tahun 2025 dengan komposisi 23% EBT, 25% minyak bumi, 30% batubara dan 22% gas.

Sedangkan sasaran kebijakan pendukung yang tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional salah satunya adalah konservasi energi. Kebijakan tersebut mendukung Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi yang menyebutkan bahwa pengguna energi yang menggunakan energi sebesar 6.000 TOE per tahun atau lebih, wajib melakukan konservasi energi melalui

Tabel 4. Rencana Penambahan Kapasitas Pembangkit Listrik Periode 2015-2024

Jenis Pembangkit	Kapasitas Pembangkit (MW)										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Jumlah
PLTU	3.283	1.499	492	4.068	16.497	3.125	2.660	2.035	4.275	4.155	42.089
PLTP	30	85	240	320	485	1.147	660	430	460	958	4.815
PLTGU	-	750	3.705	4.060	650	-	-	-	-	-	9.165
PLTG	400	1.804	1.510	474	100	131	294	165	30	125	5.033
PLTD	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
PLTM	50	30	375	151	130	152	-	-	-	-	889
PLTA	20	45	47	165	357	522	703	1.537	931	2.095	6.421
PS	-	-	-	-	1.040	-	-	450	450	-	1.940
PLT Lain	11	-	-	-	60	-	1	-	-	-	72
Jumlah	3.793	4.213	6.379	9.238	19.319	5.076	4.318	4.617	6.146	7.333	70.433

Sumber: RUPTL PLN, 2015-2024

C. Kebijakan Energi

Sejalan dengan semangat untuk meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi nasional, telah dirumuskan Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia

manajemen energi. Pelaksanaanya antara lain harus menunjuk manajer energi, menyusun program konservasi energi, melaksanakan audit energi secara berkala, melaksanakan rekomendasi hasil audit energi, dan melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan model diawali dengan pengumpulan pernyataan teori dan penentuan variabel. Kemudian dilakukan pengumpulan data-data terkait diantaranya jumlah konsumsi listrik, harga listrik, harga bahan bakar, jumlah kapasitas terpasang, jumlah penduduk dan PDB. Arah hubungan antara variabel konsumsi listrik dan PDB dalam model ditentukan dengan pengujian hubungan sebab-akibat menggunakan uji kausalitas Granger. Arah hubungan antara dua variabel tersebut menjadi acuan dalam pembentukan model kebutuhan listrik.

A. Uji Kausalitas Granger

Sebelum melakukan uji kausalitas Granger terlebih dahulu dilakukan uji *unit root* dan uji kointegrasi. Pada penelitian ini digunakan uji *unit root Augmented Dickey – Fuller (ADF)* untuk mengetahui bahwa data yang digunakan sudah stasioner. Pada tingkat signifikansi 5% konsumsi listrik Indonesia dan PDB stasioner pada derajat satu. Kemudian dilakukan uji kointegrasi untuk mendeteksi ada atau tidaknya keterkaitan jangka panjang antara variabel konsumsi listrik dan PDB. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi kointegrasi antara konsumsi listrik dan PDB, sehingga uji kausalitas Granger standar dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya. Hasil pengujian kausalitas Granger dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 5. Hasil Uji Kausalitas Granger

H ₀	Probabilitas F-Stat	Hubungan
GDP tidak mempengaruhi EC	0,0391	Ada
EC tidak mempengaruhi GDP	0,3873	Tidak ada

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada saat hipotesis nol adalah PDB tidak mempengaruhi konsumsi listrik diperoleh nilai probabilitas dibawah 5% sehingga hipotesis nol ditolak yang berarti bahwa PDB mempengaruhi konsumsi listrik. Kemudian pada saat hipotesis nol

adalah konsumsi listrik tidak mempengaruhi PDB diperoleh nilai probabilitas diatas 5% sehingga hipotesis nol diterima yang berarti bahwa konsumsi listrik tidak mempengaruhi PDB. Dari hasil tersebut ditemukan bahwa hubungan kausal antara konsumsi listrik dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia hanya bersifat searah yakni dari pertumbuhan ekonomi ke konsumsi listrik.

B. Model Kebutuhan Listrik

Model kebutuhan listrik dibagi menjadi 4 sektor yang didasarkan pada klasifikasi lapangan usaha yang digunakan PT. PLN yaitu sektor rumah tangga, industri, bisnis dan umum. Merujuk pada model yang dikembangkan oleh labys (2005) maka variabel bebas yang digunakan dalam model kebutuhan listrik adalah harga listrik, PDB dan jumlah kapasitas pembangkit listrik terpasang.

1). Sektor rumah tangga

Model kebutuhan listrik sektor rumah tangga (EC_RT) dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya adalah lag konsumsi listrik sektor rumah tangga (LAGEC_RT), PDB per kapita (GDP_RT), harga listrik sektor rumah tangga (PE_RT), dan kapasitas pembangkit listrik terpasang (IC). Model kebutuhan listrik rumah tangga dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\ln(EC_RT) = 0,564863846827*\ln(LAGEC_RT) + 0,0313268879785*\ln(IC) + 0,816151417043*\ln(GDP_RT) - 0,0318027202385*\ln(PE_RT) - 8,42403923673$$

Dengan R²=0,9986

2). Sektor Industri

Model kebutuhan listrik industri (EC_INDUSTRI) dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya adalah PDB Industri (GDP_INDUSTRI), kapasitas listrik terpasang (IC) dan harga listrik sektor industri (PE_INDUSTRI). Pemodelan kebutuhan listrik sektor industri dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\ln(EC_INDUSTRI) = 0,0585648211853 * \ln(IC) - 0,00585131148611 * \ln(PE_INDUSTRI) + 1,21664287898 * \ln(GDP_INDUSTRI) - 6,62359365604$$

Dengan R²=0,9834

3). Sektor Bisnis

Model kebutuhan listrik sektor bisnis (EC_BISNIS) dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya adalah lag konsumsi listrik sektor bisnis (LAGEC_BISNIS), kapasitas terpasang (IC), PDB sektor bisnis (GDP_BISNIS) dan harga listrik sektor bisnis (PE_BISNIS). Model kebutuhan listrik sektor bisnis dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\ln(EC_BISNIS) = 0,0435999557212 * \ln(IC) + 0,080166037142 * \ln(PE_BISNIS) + 0,205585664958 * \ln(GDP_BISNIS) + 0,728219402371 * \ln(LAGEC_BISNIS) - 0,969519342645$$

Dengan R²=0,9957

4). Sektor Umum

Model kebutuhan listrik sektor umum (EC_UMUM) dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya adalah lag konsumsi listrik sektor umum (LAGEC_UMUM), kapasitas terpasang (IC), PDB sektor bisnis (GDP_UMUM) dan harga listrik sektor umum (PE_UMUM). Model kebutuhan listrik sektor umum dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$EC_UMUM = 0,70390440288 * LAGEC_UMUM + 0,00228033789578 * IC + 0,00606894785851 * GDP_UMUM + 1,79578616816 * PE_UMUM - 953,515107498$$

Dengan R²=0,9970

C. Akurasi Proyeksi Model

Peramalan memiliki dua tipe ukuran akurasi yakni di dalam sampel (*in sample*) dan di luar sampel (*out of sample*). Pembagian ini diperlukan mengingat bahwa kualitas prediksi regresi sangat terikat apakah struktur serta asumsi yang digunakan ketika mengestimasi model tidak berubah pada periode prediksi. Instrumen yang

digunakan untuk mengukur akurasi proyeksi model yaitu RMSE, MAE, MAPE, dan THEIL

Tabel 6. Pengukuran Akurasi Proyeksi Model

Parameter	Sektor			
	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Umum
RMSE	0,0116	0,0267	584,1375	143,5614
MAE	0,0095	0,0212	456,2840	119,0999
MAPE	0,0883	0,1992	2,1323	1,8056
<i>Bias Proportion</i>	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
<i>Variance Proportion</i>	0,0003	0,0042	0,0436	0,0008
<i>Covariance Proportion</i>	0,9997	0,9958	0,9561	0,9992

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil pengukuran akurasi model kebutuhan listrik sektor umum menunjukkan bahwa model yang telah dibangun sesuai dengan data aktual. Hal tersebut terlihat dari nilai RMSE, MAE dan MAPE yang dihasilkan cukup rendah dan nilai *Covariance Proportion* yang mendekati 1. Nilai *Bias Proportion* kurang dari 0,1 menunjukkan model tidak bias. Berdasarkan nilai *Variance Proportion* yang kurang dari 1 menunjukkan nilai aktual tidak fluktuatif jika dibandingkan dengan nilai proyeksi.

D. Estimasi Kebutuhan Listrik

Pada pembentukan model ekonometrika, kebutuhan listrik dimodelkan berdasarkan lag konsumsi listrik, PDB, kapasitas listrik terpasang dan harga listrik. Semua data tersebut perlu diestimasi berdasarkan rencana yang telah ada atau menggunakan metode peramalan. Setelah dilakukan estimasi data pada variabel bebas maka akan diperoleh estimasi kebutuhan listrik berdasarkan model ekonometrika yang sudah terbentuk. Hasil estimasi kebutuhan listrik pada tahun 2025 akan dibagi jumlah penduduk Indonesia sehingga diperoleh kebutuhan listrik per kapita yang nantinya akan disesuaikan dengan sasaran pada Kebijakan Energi Nasional. Dalam penelitian ini terdapat dua skenario yang mendasar dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Skenario pertama: kondisi dimana proyeksi kebutuhan listrik dipengaruhi oleh

pertumbuhan PDB berdasarkan RPJMN untuk periode 2015-2019 sedangkan untuk periode 2020-2025 pertumbuhan PDB dianggap konstan seperti pada tahun 2019.

- 2) Skenario kedua: kondisi dimana proyeksi kebutuhan listrik yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB diatur sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi sasaran konsumsi listrik per kapita pada tahun 2025 seperti yang ditargetkan oleh KEN.

E. Estimasi Data

Untuk mengetahui nilai dari suatu komoditas pada masa yang akan datang, maka perlu dilakukan suatu estimasi akan nilai tersebut sebagai pedoman untuk pembuatan rencana ataupun model. Untuk memenuhi keperluan pemodelan ekonometrika, maka beberapa variabel yang digunakan akan diestimasi berdasarkan asumsi terkait serta metode peramalan terbaik berdasarkan ukuran kesalahan peramalan. Variabel-variabel tersebut diantaranya adalah PDB, kapasitas terpasang dan harga listrik.

1) Produk Domestik Bruto

Data PDB menggunakan data historis PDB atas harga konstan tahun 2000 yang diperoleh dari BPS selama periode tahun 2000-2014. Estimasi PDB berdasarkan skenario yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil estimasi PDB untuk skenario 1 dan skenario 2 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Estimasi PDB Skenario 1

Tahun	PDB Sektor Rumah Tangga (Rupiah)	PDB (Milyar Rupiah)		
		Sektor Industri	Sektor Bisnis	Sektor Umum
2015	12.048.435,50	1.362.686,01	1.120.796,53	594.431,27
2016	12.692.228,55	1.452.623,29	1.194.769,10	633.663,73
2017	13.433.134,91	1.555.759,54	1.279.597,71	678.653,86
2018	14.270.390,68	1.672.441,51	1.375.567,54	729.552,90
2019	15.230.341,46	1.806.236,83	1.485.612,94	787.917,13
2020	16.254.866,90	1.950.735,78	1.604.461,98	850.950,50
2021	17.382.229,10	2.106.794,64	1.732.818,93	919.026,54
2022	18.587.779,92	2.275.338,21	1.871.444,45	992.548,66
2023	19.876.942,16	2.457.365,27	2.021.160,00	1.071.952,56
2024	21.255.514,71	2.653.954,49	2.182.852,80	1.157.708,76
2025	22.729.698,66	2.866.270,85	2.357.481,03	1.250.325,46

Tabel 8. Estimasi PDB Skenario 2

Tahun	PDB Sektor Rumah Tangga (Rupiah)	PDB (Milyar Rupiah)		
		Sektor Industri	Sektor Bisnis	Sektor Umum
2015	12.412.849,43	1.403.901,47	1.154.695,86	612.410,29
2016	13.370.511,05	1.530.252,60	1.258.618,49	667.527,21
2017	14.402.057,06	1.667.975,34	1.371.894,15	727.604,66
2018	15.513.187,70	1.818.093,12	1.495.364,62	793.089,08
2019	16.710.042,98	1.981.721,50	1.629.947,44	864.467,10
2020	17.999.236,65	2.160.076,43	1.776.642,71	942.269,14
2021	19.425.798,58	2.354.483,31	1.936.540,55	1.027.073,36
2022	20.965.425,26	2.566.386,81	2.110.829,20	1.119.509,96
2023	22.627.077,82	2.797.361,62	2.300.803,83	1.220.265,86
2024	24.420.427,65	3.049.124,17	2.507.876,18	1.330.089,79
2025	26.355.912,65	3.323.545,34	2.733.585,03	1.449.797,87

2) Jumlah Penduduk

Penduduk adalah semua orang yang berdomisili di wilayah geografis Republik Indonesia selama 6 bulan atau lebih atau mereka yang berdomisili kurang dari 6 bulan tetapi bertujuan untuk menetap. Menurut proyeksi yang dilakukan oleh BPS jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2015 sekitar 255.461 ribu jiwa, tahun 2020 sekitar 271.066 ribu jiwa, tahun 2025 sekitar 284.829 ribu jiwa. Proyeksi pertumbuhan penduduk Indonesia disajikan pada tabel berikut

Tabel 9. Estimasi Jumlah Penduduk

Tahun	Pertumbuhan	Estimasi Jumlah Penduduk (Ribu jiwa)
2015	1,38%	255.461,70
2016	1,19%	258.509,06
2017	1,19%	261.592,78
2018	1,19%	264.713,28
2019	1,19%	267.871,01
2020	1,19%	271.066,40
2021	1,00%	273.764,66
2022	1,00%	276.489,79
2023	1,00%	279.242,04
2024	1,00%	282.021,68
2025	1,00%	284.829,00

3) Kapasitas Terpasang

Data kapasitas listrik terpasang di Indonesia merupakan data historis yang diperoleh dari Ditjen Ketenagalistrikan selama periode 2000-2014. Peramalan kapasitas total pembangkit listrik di Indonesia didasarkan pada rencana penambahan jumlah kapasitas pembangkit listrik sekitar 70.433 MW untuk periode 2015-

2024 seperti yang tertuang dalam RUPTL PLN. Sedangkan pada tahun 2025 diasumsikan menggunakan data rata-rata jumlah penambahan kapasitas pembangkit selama periode 2015-2024 yaitu sebesar 7%. Peramalan jumlah kapasitas pembangkit listrik disajikan pada tabel berikut

Tabel 10. Estimasi Jumlah Kapasitas Listrik Terpasang

Tahun	Kapasitas Terpasang (MW)
2015	55.413,58
2016	59.626,58
2017	66.005,58
2018	75.243,58
2019	94.562,58
2020	99.638,58
2021	103.956,58
2022	108.573,58
2023	114.719,58
2024	122.052,58
2025	129.095,78

4) Harga Listrik

Data harga listrik di Indonesia merupakan data historis yang diperoleh dari RUPTL PLN selama periode 2000-2014. Peramalan harga listrik di setiap sektor menggunakan metode *eksponensial smoothing* dari model Holt-Winter yang terdiri dari 3 jenis yaitu model Holt-Winter *non-seasonal*, Holt-Winter *additive seasonals* dan Holt-Winter *multiplicative seasonals*

Tabel 11. Peramalan Harga Listrik

Tahun	Harga Listrik (Rupiah/ KWh)			
	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Umum
2015	824,26	893,58	1.321,87	1.052,91
2016	890,36	947,32	1.377,87	1.120,27
2017	956,46	1.004,29	1.433,87	1.187,64
2018	1.022,56	1.064,69	1.489,87	1.255,00
2019	1.088,66	1.128,72	1.545,87	1.322,37
2020	1.154,76	1.196,60	1.601,87	1.389,74
2021	1.220,86	1.268,56	1.657,87	1.457,10
2022	1.286,96	1.344,85	1.713,87	1.524,47
2023	1.353,06	1.425,73	1.769,87	1.591,83
2024	1.419,16	1.511,47	1.825,87	1.659,20
2025	1.485,26	1.602,37	1.881,87	1.726,56

F. Estimasi Kebutuhan Listrik

Peramalan kebutuhan listrik Indonesia dilakukan berdasarkan model ekonometrika yang telah dibentuk dan telah dilakukan validasi. Peramalan kebutuhan listrik Indonesia dikelompokkan atas sektor rumah tangga, industri, bisnis dan umum.

Skenario pertama yaitu kondisi dimana proyeksi kebutuhan listrik dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB berdasarkan RPJMN untuk periode 2015-2019 yaitu pertumbuhan sebesar 5,8% pada tahun 2015, 6,6% pada tahun 2016, 7,1% pada tahun 2017, 7,5% pada tahun 2018 dan 8,0% pada tahun 2019. Sedangkan untuk periode 2020-2025 pertumbuhan PDB dianggap konstan seperti pada tahun 2019 yaitu sebesar 8,0%. Pada kondisi tersebut laju pertumbuhan rata-rata kebutuhan listrik per kapita sekitar 10% per tahun. Sedangkan kebutuhan listrik pada tahun 2025 hanya mencapai 2.067,55 KWh per kapita. Pada kondisi ini sasaran konsumsi listrik sebesar 2.500 KWh per kapita yang tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional tidak dapat tercapai. Sedangkan untuk peramalan kebutuhan listrik Indonesia untuk skenario 2 disajikan pada tabel 13.

Skenario kedua yaitu kondisi dimana proyeksi kebutuhan listrik dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB sebesar 9% per tahun untuk periode 2015-2025. Pada kondisi tersebut laju pertumbuhan rata-rata kebutuhan listrik per kapita sekitar 11,2% per tahun. Sedangkan kebutuhan listrik pada tahun 2025 mencapai 2.526,73 KWh per kapita. Pada kondisi ini sasaran konsumsi listrik sebesar 2.500 KWh per kapita yang tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional dapat tercapai.

G. Hasil Estimasi Kebutuhan Batubara untuk Pembangkit Listrik

Berdasarkan rencana penambahan pembangkit listrik yang tertuang dalam RUPTL PLN diperoleh bahwa pada tahun 2025 bauran sumber energi primer untuk pembangkit listrik yang didominasi oleh batubara sekitar 57%, kemudian diikuti oleh gas (22%), EBT (9%), air (8%) dan minyak bumi (5%) seperti yang terlihat pada Tabel 14. Bauran sumber energi primer untuk pembangkit listrik

Tabel 12. Hasil Peramalan Kebutuhan Listrik Skenario 2

Tahun	Kebutuhan Listrik (GWh)					Kebutuhan Listrik (KWh per Kapita)
	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Umum	Total	
2015	93.072,89	72.956,53	40.067,62	13.455,41	219.552,45	859,43
2016	104.714,32	81.341,88	44.126,99	14.716,73	244.899,93	947,36
2017	119.029,24	90.841,77	48.554,61	16.104,71	274.530,33	1.049,46
2018	136.234,99	101.625,70	53.453,86	17.621,18	308.935,73	1.167,06
2019	157.034,85	114.341,10	59.113,62	19.286,84	349.776,41	1.305,76
2020	180.755,73	127.326,42	65.078,91	21.064,04	394.225,10	1.454,35
2021	208.183,47	141.704,57	71.373,89	22.960,51	444.222,43	1.622,64
2022	239.883,72	157.715,86	78.057,40	24.987,94	500.644,92	1.810,72
2023	276.606,85	175.655,65	85.227,50	27.161,53	564.651,53	2.022,09
2024	319.172,66	195.715,11	92.966,16	29.495,74	637.349,66	2.259,93
2025	368.390,59	217.990,50	101.302,47	32.002,33	719.685,89	2.526,73

Tabel 13. Hasil Estimasi Bauran Sumber Energi Primer untuk Pembangkit Listrik

Energi	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BBM	11%	10%	9%	8%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%
Batubara	55%	54%	49%	48%	56%	56%	57%	56%	57%	57%	57%
Gas	24%	26%	32%	34%	28%	26%	26%	25%	23%	22%	22%
Air	6%	6%	5%	5%	4%	5%	5%	6%	7%	8%	8%
EBT	5%	5%	5%	5%	6%	7%	7%	8%	8%	8%	9%

tersebut tidak sesuai dengan target bauran sumber energi primer seperti yang tertuang di dalam KEN, dimana bauran sumber energi primer didominasi oleh batubara (30%), minyak bumi (25%), EBT (23%) dan gas (22%).

sebesar 196 juta ton. Dengan mengasumsikan bahwa batubara yang digunakan untuk pembangkit listrik yaitu kalori 4.700 kcal/kg GAR.

Tabel 14. Hasil Estimasi Kebutuhan Batubara untuk Pembangkit Listrik

Skenario	Jumlah Kebutuhan Batubara (Juta ton)										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Pertama	56,76	60,27	60,35	65,57	83,95	93,22	103,23	112,96	126,58	139,89	155,81
Kedua	58,20	63,45	65,19	72,50	94,67	107,13	120,87	134,73	153,79	173,21	196,49

Bauran sumber energi primer untuk pembangkit listrik berbahan bakar batubara sebesar 57%. Sedangkan konsumsi listrik total pada tahun 2025 untuk skenario 1 sebesar 568.486,12 GWh dan skenario 2 sebesar 716.932,64 GWh, sehingga diperoleh jumlah kebutuhan batubara untuk membangkitkan listrik pada kedua skenario tersebut dapat dilihat pada tabel 15.

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa jumlah batubara yang diperlukan untuk membangkitkan listrik sesuai dengan skenario 1 yaitu sebesar 156 juta ton dan pada skenario 2

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji kausalitas Granger pada wilayah Indonesia diperoleh bahwa terdapat hubungan kausalitas satu arah dari PDB ke konsumsi listrik. Implikasi kebijakan dari hubungan kausalitas tersebut adalah bahwa pertumbuhan ekonomi akan memberikan pengaruh ataupun dampak positif terhadap

- konsumsi listrik. Dengan demikian upaya untuk efisiensi penggunaan listrik ataupun pengurangan konsumsi listrik melalui *demand side management* dapat dilakukan di Indonesia karena tidak akan berdampak negatif terhadap pertumbuhan ekonomi.
2. Sesuai dengan rencana penyediaan kapasitas pembangkit diperoleh jumlah kapasitas pembangkit listrik terpasang nasional pada tahun 2025 mencapai 129 GW. Hal ini berarti bahwa sasaran jumlah kapasitas pembangkit listrik yang ditargetkan dalam Kebijakan Energi Nasional sebesar 115 GW dapat tercapai apabila semua rencana tersebut dapat direalisasikan.
 3. Dengan menggunakan model ekonometrika, diperoleh proyeksi konsumsi listrik sesuai dengan skenario berikut:
 - a. Skenario pertama yaitu kondisi dimana proyeksi konsumsi listrik dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB berdasarkan RPJMN untuk periode 2015-2019 dan untuk periode 2020-2025 pertumbuhan PDB dianggap konstan seperti pada tahun 2019. Pada kondisi ini diperoleh konsumsi listrik pada tahun 2025 hanya mencapai 2.067,55 KWh per kapita yang berarti bahwa sasaran konsumsi listrik sebesar 2.500 KWh per kapita yang tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional dapat tidak tercapai.
 - b. Skenario kedua yaitu kondisi dimana proyeksi konsumsi listrik yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB diatur sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi sasaran konsumsi listrik sebesar 2.500 KWh pada tahun 2025 seperti yang ditargetkan oleh KEN, dimana pertumbuhan PDB yang harus dicapai yaitu sebesar 9% per tahun.
 4. Meskipun sasaran jumlah kapasitas pembangkit listrik terpasang pada kedua skenario tersebut telah tercapai, namun harus diimbangi dengan pertumbuhan PDB yang tinggi agar sasaran jumlah konsumsi listrik per kapita yang ditargetkan KEN juga dapat tercapai.
 5. Jumlah batubara yang diperlukan untuk membangkitkan listrik sesuai dengan skenario 1 yaitu sebesar 156 juta ton dan pada skenario 2 sebesar 196 juta ton.

B. Saran

1. Permodelan konsumsi listrik yang bisa digunakan tidak hanya dengan ekonometrika, tetapi dapat pula dilakukan dengan permodelan sistem dinamis, permodelan metode DKL, dan metode LEAPs (*Long-range Energy Alternatives Planning system*) sesuai dengan asumsi, teori, perspektif, dan ketersediaan data.
2. Sasaran kebutuhan listrik per kapita sebesar 2.500 KWh dapat tercapai jika pertumbuhan PDB diasumsikan sebesar 9% per tahun. Sementara, pertumbuhan PDB Indonesia saat ini hanya berkisar antara 4% hingga 6%. Selain itu, realisasi jumlah kapasitas pembangkit listrik yang sudah dilaksanakan baru sekitar 17 GW dari proyek 35 GW yang telah direncanakan, menyebabkan perlunya pengkajian ulang terhadap sasaran yang telah ditetapkan oleh KEN.

Bila sasaran KEN ingin tetap dicapai, maka PDB Indonesia harus ditingkatkan. Cara meningkatkan PDB adalah dengan meningkatkan investasi serta mengembangkan industri dalam negeri yang dapat mendorong konsumsi masyarakat dan ekspor.

REFERENSI

- Altinay, G. and Karagol, E. (2005): *Electricity consumption and economic growth: evidence from Turkey*, Energy Economics, Vol. 27, 849-856.
- Anonim (2014): *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2015-2019*, Bappenas.
- Anonim (2015): *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2015-2024*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- Chen, S.-T., Kuo, H.-I., and Chen, C.-C. (2007): *The Relationship Between GDP and Electricity Consumption in 10 Asian Countries*, Energy Policy, 2611-2621.

- Chontanawat, Jaruwan. Lester C. Hunt, and Richard, P. (2006): *Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD Countries*, SEEDS 113, University of Surrey.
- Gujarati, D.N., Porter, D.C. (2012): *Dasar-dasar Ekonometrika*, Penerbit Salemba Empat, Jakarta, 1-53.
- Pusdatin ESDM (2014): *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.