

Peramalan Permintaan Pasokan Energi Berdasarkan Intensitas Konsumsi Listrik dan Kapasitas Pembangkit Listrik Terpasang

Afrizal Abdi Musyafiq^{1*}, Riyadi Purwanto²

¹Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

²Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2}Jl. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya Cilacap, Indonesia

E-mail: afrizal.abdi.m@gmail.com¹, adidok_bayu@yahoo.com²

Info Naskah:

Naskah masuk: 3 November 2020

Direvisi: 15 Maret 2021

Diterima: 19 Maret 2021

Abstrak

Penelitian ini merupakan langkah penting dalam pengelolaan energi terutama dalam perencanaan kelistrikan pada ramalan jangka panjang untuk permintaan dan penawaran pasokan energi. Model sederhana disajikan menggunakan LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning System*) sebagai *forecasting tools* dan Jawa Tengah sebagai tempat studi kasus penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengetahui permintaan pasokan energi listrik di masa depan. Kebutuhan listrik di sektor rumah tangga, industri, bisnis, dan publik dihitung berdasarkan data populasi, intensitas konsumsi listrik, kapasitas pembangkit terpasang listrik, rasio elektrifikasi, dan intensitas listrik. Tahun dasar penelitian ini adalah 2020 dan 2045 adalah akhir periode peramalan ini. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan pasokan energi listrik di Jawa Tengah akan meningkat rata-rata sebesar 23,44% pada 2045 atau lima kali lipat dibandingkan tahun 2020 dengan memperhatikan berbagai faktor pertumbuhan ekonomi daerah dan kebutuhan listrik setiap tahun.

Keywords:

electrical energy; forecasting;
central java;
energy ratio;
energy system

Abstract

This research is an important step in energy planning which is the main in electricity planning in the long-term forecast for the demand and supply of energy supply. A simple model is presented using LEAP (Long Term Alternative Energy Planning System) as a broadcasting tool and Central Java as a case study case for this research. This research discusses future energy needs. Electricity needs in the household, industrial, business, and community sectors are calculated based on data on participation, electricity consumption, installed electricity generation capacity, electrification ratio, and electricity strengthening. The base year of this research is 2020 and 2045 is the final period of this forecast. The results of this study indicate that energy needs in Central Java will increase by an average of 23.44% in 2045 or five times compared to 2020 by taking into account various factors of regional economic growth and electricity demand each year.

*Penulis korespondensi:

Afrizal Abdi Musyafiq

E-mail: afrizal.abdi.m@gmail.com

1. Pendahuluan

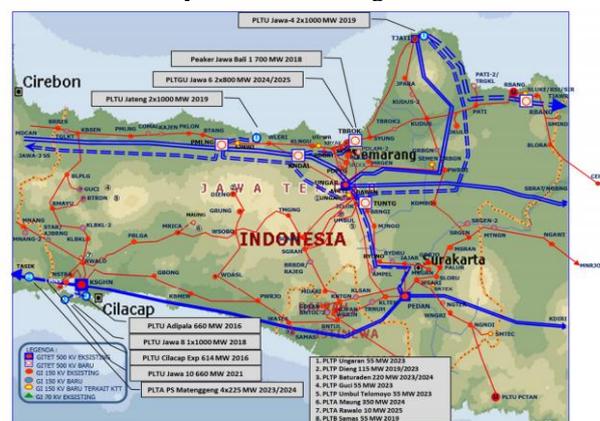
Energi merupakan kebutuhan utama yang dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Semakin maju suatu negara, semakin besar energi yang dibutuhkannya. Jika dilihat dari sumber pengadaan energi dunia saat ini, sumber minyak dan gas adalah sumber utama [1]. Sumber minyak dan gas bumi sangat terbatas dan pada beberapa titik akan habis, oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan oleh para peneliti untuk mencari sumber energi di luar minyak dan gas sebagai sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan [2]. Indonesia adalah salah satu negara dengan populasi besar, populasi besar akan disertai dengan meningkatnya permintaan energi [3]. Hal ini menjadi pekerjaan rumah yang sedang berkembang saat ini yaitu dalam memenuhi kebutuhan energi nasional bagi masyarakat Indonesia [4].

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional untuk meningkatkan rasio energi terbarukan dalam bauran energi nasional sebesar 23% pada tahun 2025. Kebijakan ini juga mengatur penggunaan minyak bumi akan dikurangi hingga 25% pada tahun yang sama. Ini dimanfaatkan sumber energi tinggi untuk listrik dan transportasi. Secara keseluruhan, pemerintah memiliki target untuk meningkatkan rasio elektrifikasi nasional, hingga 2019, rasio elektrifikasi di Indonesia hanya mencapai 98,3% dan memiliki target rasio elektrifikasi hingga 99,7% pada 2025 [5]. Memenuhi target pemerintah yang sudah rendah dalam mencapai rasio elektrifikasi nasional dengan penggunaan energi fosil dikurangi, solusinya adalah penggunaan sumber EBT (Energi Baru dan Terbarukan) merupakan langkah tepat saat ini [6]. Sumber energi baru dan besar di Indonesia memiliki bahan baku yang cukup banyak dan melimpah [7].

Energi memiliki peran kepentingan strategis untuk pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan yang berkelanjutan dari pembangunan nasional. Kebutuhan energi listrik diperkirakan akan terus meningkat sebagai konsekuensi pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur masyarakat yang harus dipastikan ketersediaannya dalam jumlah, harga terjangkau, dan kualitas. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi daerah tersebut, maka meningkat juga konsumsi energi listriknya. Antisipasi pasokan energi listrik sedini mungkin sehingga ketersediaan jumlah energi listrik cukup dan harga sesuai [8]. Bahan baku berasal dari air, matahari, panas bumi, angin, biomassa, dan sampah yang umumnya bahan baku tersebut selalu tersedia sepanjang waktu dan berada di sekitar penduduk Indonesia.

Untuk saat ini pemerintah harus mendorong penggunaan energi baru dan lebih baik untuk daerah-daerah yang sulit dicapai oleh Perusahaan Listrik Negara (PT PLN) terutama di wilayah Provinsi Jawa Tengah. Provinsi Jawa Tengah merupakan objek yang digunakan pada penelitian ini, hal ini berdasarkan demografis wilayahnya memiliki banyak potensial untuk pengembangan sistem pembangkit berbasis EBT. Metode peramalan penelitian ini adalah metode proyeksi berdasarkan suatu tren data. Tujuan penelitian ini adalah untuk memudahkan dalam mengetahui

permintaan pasokan energi listrik di masa depan. Kebutuhan listrik di sektor rumah tangga, industri, bisnis, dan publik dihitung berdasarkan data populasi, intensitas konsumsi listrik, kapasitas pembangkit terpasang listrik, rasio elektrifikasi, dan intensitas listrik. Tahun dasar penelitian ini adalah 2020 dan 2045 adalah akhir periode peramalan. Penelitian ini memberikan kemudahan pada peramalan kebutuhan energi dimasa depan dengan mempertimbangkan ketersediaan kapasitas pembangkit terpasang terhadap laju pertumbuhan populasi di Jawa Tengah. Beberapa potensi-potensi energi berbasis EBT yang digunakan sebagai penyuplai energi di Jawa Tengah seperti adanya Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) diharapkan mampu memenuhi pasokan energi demi kesejahteraan masyarakat dan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat Jawa Tengah.



Gambar 1. Peta Jaringan Energi Listrik Jawa Tengah

Jawa Tengah sebagai salah satu provinsi di Jawa dengan kota Semarang sebagai ibu kota dan di antara dua provinsi besar, yaitu Jawa Timur (Jawa Barat) dan Jawa Barat). terletak di lintang selatan antara 5° 40" dan 5° 30" dan bujur timur 108° 30" dan 111° 30". Jarak terpanjang dari timur ke barat adalah 263 km dan selatan ke utara 226 km (tidak termasuk pulau Karimun) Berdasarkan angka Proyeksi Sensus Penduduk 2010, populasi Jawa Tengah pada tahun 2019 sebesar 34,55 juta sekitar 13,92% dari total penduduk Indonesia. Ini menempatkan Jawa Tengah sebagai provinsi ketiga di Indonesia dengan jumlah penduduk setelah Jawa Barat dan Timur. Jawa .



Gambar 2. Peta Administrasi Jawa Tengah

Tabel 1. Jumlah Pelanggan Energi Listrik di Jawa Tengah [9]

Sektor	Jumlah Pelanggan Energi Listrik (unit)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Rumah tangga	6,692,664	7,153,353	7,591,588	7,922,096	8,283,579
Industri	5,012	5,424	5,992	6,494	7,069
Bisnis	220,409	235,399	253,985	273,999	306,735
Publik	214,338	227,313	241,339	253,641	268,940

Tabel 2. Total Konsumsi Energi Listrik di Jawa Tengah [9]

Sektor	Total Konsumsi Energi Listrik (GWh)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Rumah tangga	7,308.02	1,898.11	8,521.86	9,301.29	9,806.95
Industri	5,235.82	5,738.43	6,475.75	6,898.15	6,901.46
Bisnis	1,714.77	1,834.39	2,006.97	2,153.80	2,339.29
Publik	1,057.27	1,129.48	1,200.49	1,278.25	1,360.27

Populasi tertinggi berasal dari Kabupaten Brebes yang mencapai sekitar 1,7 juta jiwa di Jawa Tengah. Provinsi Jawa Tengah terbagi menjadi 29 Kabupaten dan 6 kota. Luas wilayah Jawa Tengah sebesar 3,25 juta hektar atau sekitar 25,04 persen dari luas wilayah Jawa (1,70 persen dari luas wilayah Indonesia). Luas lahan seluas 992 ribu hektare (30,47persen) dan 2,26 juta hektare (69,53 persen) bukan lahan basah. Dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, Luas lahan basah di tahun 2019 turun sebesar 0,013 persen, sebaliknya tidak daerah lahan basah meningkat sebesar 0,006 persen [9].

2. Metode

2.1 Modeling Tool

LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning*) adalah alat pemodelan energi terintegrasi yang dikembangkan di Stockholm Environment Institute. LEAP banyak digunakan untuk analisis kebijakan energi dan mitigasi perubahan iklim. Telah digunakan di lebih dari 190 negara di seluruh dunia. Model LEAP berdasarkan akuntansi dengan fleksibilitas dan berbagai keahlian. Ini dapat digunakan untuk melacak permintaan energi, transformasi dan sumber daya. Berbagai sistem energi mungkin dimodelkan. Itu karena LEAP bukan model sistem energi tertentu [10].

LEAP juga memiliki kemampuan untuk mendukung beberapa metodologi pemodelan yang berbeda. Misalnya pada sisi permintaan dapat digunakan untuk membantu pemodelan makroekonomi bottom-up, end-use dan top-down. Di sisi penawaran, LEAP menyediakan berbagai metodologi akuntansi, simulasi dan pengoptimalan yang cukup kuat untuk pemodelan pembangkit sektor listrik dan perencanaan perluasan kapasitas, namun juga cukup fleksibel dan transparan sehingga LEAP dapat menggabungkan data dan hasil dengan lebih mudah model khusus Manfaat utama lain dari LEAP adalah persyaratan data awal yang rendah [10].

2.2 Data Penelitian

Badan Pusat Statistik mengubah tahun dasar untuk menghitung PDB Produk Domestik Bruto) dari tahun 2000 sampai 2010. Perhitungan harga konstan PDB diperoleh dengan menggunakan metode deflasi dan ekstrapolasi. Hal ini menyebabkan perbedaan kecil dalam tingkat pertumbuhan ekonomi di Indonesia [11]. Konsumsi energi data yang diperoleh hingga 2019 membuat model energi untuk bisa melihat permintaan energi di sektor rumah tangga, industri, bisnis, transportasi, dan sektor lainnya.

Tabel 3. Pertumbuhan PDB di Jawa Tengah [2]

Year	GDP Growth%
2015	5.03
2016	5.34
2017	5.11
2018	5.28
2019	5.44

2.3 Permintaan Energi Listrik

Permintaan energi dalam metode akuntansi dihitung sebagai produk aktivitas konsumsi energi total dengan intensitas energi. Perhitungan permintaan energi dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:[12]

$$D_{b,s,t} = \sum_b (TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t}) \quad (1)$$

Dimana D adalah permintaan listrik (kWh), TA adalah aktivitas total, EI adalah intensitas listrik, b adalah cabang (sektor pelanggan), s adalah skenario dan t adalah waktu (tahun). Dalam analisis permintaan listrik akhir, intensitas energi pada tingkat perangkat dapat ditentukan sebagai jumlah bahan bakar yang digunakan per unit aktivitas y. Intensitas energi adalah konsumsi energi tahunan rata-rata per unit aktivitas. Secara matematis dinyatakan dalam persamaan [12].

$$EI = \frac{EC}{\text{activity level}} \quad (2)$$

Dimana EC adalah konsumsi energi (kWh) dan EI adalah intensitas energi (kWh/tingkat aktivitas).

2.4 Metode Peramalan

Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode proyeksi berdasarkan suatu tren data. Suatu metode dari tren ini mengikuti setiap pola tren data dan periode waktu peramalan untuk jangka menengah dan jangka panjang. Data yang diperoleh dari departemen atau instansi terkait digunakan dan dikumpulkan sebagai data tren yang cenderung meningkat ataupun menurun setiap tahunnya. Metode ini meliputi proyeksi trens linear,

eksponensial dan kuadrat. Peramalan yang dilakukan dalam penelitian ini sampai dengan tahun 2045 [13].

3. Hasil dan Pembahasan

Beberapa skenario dilakukan dan dicoba untuk menentukan hasil yang tepat ketika membuat sebuah kebijakan dibidang energi terutama dalam keputusan tentang besarnya permintaan dan pasokan energi listrik di Jawa Tengah. Skenario-skenario difokuskan pada pasokan energi yang dibangkitkan dari sistem pembangkit tenaga listrik di Jawa Tengah dengan memperhatikan potensi-potensi besarnya energi listrik yang dapat dipasok untuk kebutuhan pelanggan. Beberapa asumsi dimasukkan seperti penambahan pembangkit yang dibangun sudah beroperasi di wilayah Jawa Tengah.

Tabel 4. Skenario-skenario untuk Sistem Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik	Section	Skenario
PLTU Adipala	capacity exogenous	Step(2016,660)
PLTM Kunci Putih	capacity exogenous	Step(2017,1)
PLTU Jawa-8	capacity exogenous	Step(2018,1000)
PLTU Jawa-4	capacity exogenous	Step(2019,1000)
PLTM Karekan	capacity exogenous	Step(2020,8)

Table 5. Key Assumptions pada Modul LEAP

variabel	Skor
Peningkatan PDB	5,44%
Peningkatan PDB sektor industri	5,47%
Peningkatan PDB sektor bisnis	5,03%
Peningkatan PDB sektor publik	7,5%
Elastisitas nilai RT	1,09
Elastisitas nilai industri	1,04
Elastisitas nilai bisnis	2,40
Elastisitas nilai publik	2.22
Faktor pelanggan RT	1
Faktor pelanggan industri	0.59
Faktor pelanggan bisnis	2.14
Faktor pelanggan publik	1.26
Jumlah Pelanggan Listrik 2019	8866323
Konsumsi energi listrik 2019	20407.97 GWh

Tabel 6. Permintaan Energi Final Setiap Sektor (GWh)

Branches	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Rumah tangga	9.297	12.116,29	15.790,53	20.578,98	26.819,51	34.952,46	45.551,72
Industri	2.160	2.819,02	3.679,11	4.801,62	6.266,61	8.178,57	10.673,88
Bisnis	6.881	8.794,64	11.240,49	14.366,54	18.361,95	23.468,52	29.995,25
Publik	1.275	1.830,42	2.627,82	3.772,57	5.416,01	7.775,38	11.162,57

Table 7. Kapasitas Pembangkit Listrik (GW)

Branches	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
PLTU-B	2.120	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700
PLTGU	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
PLTG	55	55	55	55	55	55	55
PLTA	306	1.332	1.332	1.332	1.332	1.332	1.332
PLTP	60	975	975	975	975	975	975
Total	3.575	10.096	10.096	10.096	10.096	10.096	10.096

Tabel 4. Menjelaskan skenario-skenario yang sudah terjadi untuk dijadikan asumsi tambahan dalam kebutuhan pembangkit listrik di Jawa Tengah. Untuk menghasilkan pembangkit listrik Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Adipala sudah beroperasi pada tahun 2016 dengan kapasitas 660 MW, Pembangkit listrik tenaga Minihidro (PLTM) Kunci Putih beroperasi pada tahun 2017 kapasitas 1 MW, PLTU Jawa-8 beroperasi tahun 2018 kapasitas 1000 MW dan PLTU Jawa-4 tahun 2019 kapasitas 1000 MW; dan PLTM Karekan beroperasi tahun 2020 kapasitas 8 MW. Berikut dimasukkan variabel tambahan ke modul LEAP pada asumsi utama.

Konsumsi energi listrik di Jawa Tengah pada akhir 2019 adalah sekitar 19,612 GWh dengan konsumsi per sektor untuk pengguna domestik sekitar 9,297 GWh (47,4%), penggunaan bisnis 2,160 GWh (11%), penggunaan industri 6,881 GWh (35%), dan publik menggunakan sekitar 1,275 GWh (6,6%). Rasio elektrifikasi pada tahun 2019 adalah sekitar 99,97%. Rasio elektrifikasi di provinsi Jawa Tengah ditargetkan meningkat dari 99,59% pada 2019 menjadi 100% pada 2021 [14].

Total kapasitas terpasang pembangkit listrik yang ada di provinsi Jawa Tengah hingga 2019 adalah sekitar 5.924 MW, dengan rincian pembangkit listrik sebesar 2.409 MW dan *Independent power producer* (IPP) sebesar 3.516 MW. Serta dalam jenisnya, kapasitas pembangkit yang terpasang terdiri dari pembangkit listrik tenaga air sekitar 307 MW; pembangkit listrik tenaga batubara sekitar 4.070 MW; pembangkit listrik tenaga minyak/gas 315 MW; Pembangkit Listrik Hibrid Siklus Gabungan sekitar 1.034 M; tenaga panas bumi pembangkit sekitar 60 MW; pembangkit listrik minihidro sekitar 3 MW; dan pembangkit listrik mikrohidro sekitar 1 MW [15]. Meningkatnya permintaan listrik di sektor rumah tangga rata-rata adalah sekitar 216.605 rumah tangga per tahun. Sementara itu, untuk mempertahankan rasio elektrifikasi tetap 100% pada tahun 2035, akan membutuhkan peningkatan jumlah rumah tangga teraliri listrik yaitu sekitar 41.306 rumah tangga per tahun

Saat ini, pasokan gas untuk pembangkit listrik sudah mulai dipenuhi oleh PLTGU Tambak Lorok, ladang gas Gundih (SPP) dan tentu saja Petro. Perusahaan seperti Pertamina juga berencana membuat konstruksi pipa gas untuk daerah Trans-Jawa, dibangun dengan menghubungkan Gresik; Tambak Lorok; Cirebon Ke Bekasi / Jakarta. Pembangunan pipa Transjawa akan sangat membantu dalam integrasi pasokan gas ke lokasi dan memfasilitasi dalam pengiriman pasokan gas. Tetapi sebagai catatan, lokasi sumber pasokan gas dan lokasi pabrik akan dibebani dengan biaya transportasi gas yang mahal.

Di Jawa Tengah, sebuah subsistem yang masih terisolasi di wilayah Karimun diprediksi akan mengakomodasi arus puncak sekitar 2 MW dan diperkirakan akan meningkat 3,4 MW pada tahun 2025. Untuk memenuhi permintaan, sebaiknya pemerintah membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas berjenis *Compressed Natural Gas* (PLTMG CNG) yang siap beroperasi berkapasitas 4 MW di 2021 dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 1 MW di 2022.

Berdasarkan hasil olah data, Puncak sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap PLTGU/MG Jawa-Bali 1 yang awalnya diuji di Sunyaragi tidak mendapatkan pasokan gas, sehingga dipindahkan ke Tambak Lorok (Jawa Tengah) dengan sisa-sisa pasokan gas yang tersedia. Sementara pembangkit listrik Jawa-13 yang dikelola di Jawa Tengah ditunda hingga tahun 2020. Hal itu menyangkut campuran batubara yang memberi kontribusi pasokan energi mencapai sekitar 50% pada 2015, menurut 2015-2034 dengan desain rencana umum ketenagalistrikan nasional sesuai dengan Undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan daya yang sangat tinggi, selama 10 tahun ke depan, peningkatan kapasitas rata-rata 702 MW/tahun. Sementara itu, dalam 20 tahun kedepan, kenaikan rata-rata sekitar 1.019 MW/tahun. Seiring dengan penambahan kapasitas ini, pasokan listrik di Provinsi Jawa Tengah akan meningkat dari sekitar 5.320 MW pada tahun 2020 menjadi sekitar 11.240 MW pada tahun 2025 dan akan menjadi 23.547 MW pada tahun 2045. Provinsi Jawa Tengah memiliki sumber bahan baku dari tenaga air yang dapat dikembangkan dengan kapasitas 360,0 MW. Sementara potensi lain diperoleh dari batubara sebesar 0,82 juta ton bersama dengan potensi lainnya yang tersebar di 14 lokasi, yaitu Banyorasi, Brits, Gunung Slamet, Guci, MangunanWanayasa, Candradimuka, Dien Krakal, Panulisan, Gunung Ungaran, Telomoyo, Kuwuk, Gunung Lawu, dan Klepu.

4. Kesimpulan

kebutuhan pasokan energi listrik di Jawa Tengah akan meningkat rata-rata sebesar 23,44% pada 2045 atau lima kali lipat dibandingkan tahun 2020 dengan memperhatikan berbagai faktor pertumbuhan ekonomi daerah dan kebutuhan listrik setiap tahun. Permintaan energi listrik pada sektor rumah tangga akan meningkat sebesar 23,27%; sektor industri 23,38%; sektor bisnis 21,76%; dan sektor publik 30,34%. Total konsumsi energi listrik pada lima tahun kedepan yaitu mencapai 33.337,95 GWh dan akan mencapai sebesar 97.388,42 GWh pada tahun 2045. Kapasitas pembangkit listrik yang akan beroperasi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Jawa Tengah sebesar 10.096 GW.

Daftar Pustaka

- [1] Bockris, J.O., "Is Methanol Using CO₂ from the Atmosphere a New Fuel to Replace Gasoline", *Smart grid and renewable energy*, 2011.
- [2] Suhono and Sarjiya, "Long-term electricity demand forecasting of Sumatera system based on electricity consumption intensity and Indonesia population projection 2010-2035", *Energy Procedia*, 2015.
- [3] Bekhet, H.A., Othman, N.S., "Causality analysis among electricity consumption, consumer expenditure, gross domestic product (GDP) and foreign direct investment (FDI): case study of Malaysia", *Journal of Economics and International Finance*, 2011.
- [4] Hartono, T.D., Kuncoro, M., "Electricity consumption and economic growth: A Causality Evidence from Six Economic Corridors of Indonesia, 1984-2010", *Kuala Lumpur International Business, Economics, and Law Conference KLIBEL*, 2013.

- [5] Musyafiq, A. A. "Analisa Kelayakan Sampah Di TPA Winong Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Kabupaten Boyolali Jawa Tengah", *Yogyakarta : Magister Teknik Sistem Universitas Gadjah mada*, 2017.
- [6] PT PLN, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik", Jakarta : PT PLN, 2019.
- [7] Pabla, A.S., Hadi, A., "Sistem Distribusi Daya Listrik", Jakarta : Erlangga, 1994.
- [8] Dewayana, R. K., "Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak LEAP", Semarang: UNDIP, 2009.
- [9] Badan Pusat Staistik Provinsi, "Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2019", Jawa Tengah : BPS, 2019.
- [10] Stockholm Environment Institute, "Long-range Energy Alternative Planning System, User Guide", Boston : Stockholm Environment Institute, 2006.
- [11] BPPT, PTSEIK., "Outlook Energi Indonesia 2019", Jakarta : BPPT, 2019.
- [12] Anugrah, P., "Pengembangan Model PLTMh yang Sustainable untuk Daerah Terpencil", Yogyakarta: UGM, 2016.
- [13] Denis, "Skenario Manajemen Energi Rendah Emisi di Kota Semarang", Yogyakarta : UGM, 2016.
- [14] RUPTL, PLN., "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2019-2028", Jakarta : PLN, 2019.
- [15] Pusdatin ESDM, "Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia", Jakarta : Pusdatin ESDM, 2019.