

Strategi Pengembangan Infrastruktur Energi Listrik Untuk Mewujudkan Makassar Sustainable City

Ichsan Caesar Pratama^{1*}, Muhammad Yamin Jinca¹, Yashinta Kumala D. Sutopo¹
¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
*Email: pratamaic15d@student.unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112019.11

Abstrak

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki aktivitas perekonomian yang padat. Peningkatan ekonomi sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga penggunaan energi yang dibutuhkan meningkat secara signifikan. Penelitian ini bersifat riset and development dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan ketersediaan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar dan memberikan strategi pengembangan energi baru terbarukan untuk mewujudkan sustainable city di Kota Makassar. Metode pengumpulan data dilakukan dengan studi dokumen, observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis laju pertumbuhan penduduk dan ekonomi untuk mengetahui arah pembangunan Kota Makassar. Analisis pertumbuhan pengguna listrik dan forecasting supply-demand untuk mendapatkan total pengguna serta kebutuhan listrik. Analisis spasial dan penyediaan energi terbarukan untuk mengetahui lokasi dan kapasitas serta efektivitas sumber energi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan karakteristik kebutuhan energi listrik Kota Makassar terdiri dari sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan industri. Kota Makassar memiliki kapasitas pembangkit sebesar 1.686 MW, terdiri dari energi konvensional sebesar 60% dan energi baru terbarukan sebesar 40% dengan efektivitas penggunaan sebesar 94,84%. Tahun 2018 energi listrik mengalami defisit sebesar 125,99 MW dan 5.759,56 MW pada tahun 2037. Untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan yang melebihi persediaan energi listrik dilakukan strategi pengembangan pemenuhan energi jangka panjang. Periode (2017-2022) dibutuhkan pembangkit listrik sebesar 12,8%, periode (2022-2027) sebesar 18,8%, periode (2027-2032) sebesar 27,7%, dan periode (2032-2037) sebesar 40,7%. Strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan transformasi energi konvensional menjadi energi baru terbarukan menjadi 80%. Strategi penerapan energi baru terbarukan yang digunakan yaitu energi gas alam, biomassa, dan energi ombak.

Abstract

Electricity Infrastructure Development Strategy to Realize Makassar Sustainable City. Makassar is one of the metropolitan cities with dense economic activity. The economic improvement is in line with the increasing optimization so that the use of the energy needed increases significantly. This study aimed to identify the needs and availability of electrical energy infrastructure in the city of Makassar and to provide a strategy for developing renewable energy to realize a sustainable business in Makassar. The method of data collection is done by literature study, field survey, interview by questionnaire. The type of research is quantitative and qualitative using descriptive approaches. The analytical method used population data and economic growth rates to determine the direction of city development of Makassar. The analysis of customer growth and supply-demand forecasting are applied to get total users and electricity demand. Spatial analysis and supply of renewable energy to determine the location and capacity and effectiveness of energy sources. The results of this study indicate the characteristics of the electrical energy needs of Makassar City, consisting of the household, business, public, and industrial sectors. Makassar City has a generating capacity of 1,686 MW, consisting of conventional energy at 60% and renewable energy at 40% with effective use of 94.84%. In 2018 electric energy experienced a deficit of 125.99 MW and 5,759.56 MW in 2037. To anticipate that the increase in demand exceeded the supply of electrical energy then applied to the long-term energy development strategy. Period (2017-2022) electricity generation is needed at 12.8%, period (2022-2027) at 18.8%, period (2027-2032) at 27.7 %, and period (2032-2037) at 40.7%. The renewable energy development strategy is carried out by transforming conventional energy into renewable energy to 80%. The renewable energy application strategies used are gas energy, biomass, and wave energy.

Kata Kunci: Energi baru terbarukan, kota Makassar, listrik, strategi pengembangan



1. Pendahuluan

Salah satu masalah penting dalam pembangunan berkelanjutan adalah pengelolaan sumber energi yang mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan pelestarian lingkungan. Pembangunan berkelanjutan yang tidak memperhatikan kapasitas sumber daya alam dan lingkungan akan menyebabkan permasalahan pembangunan dikemudian hari. Pada saat yang sama pembangunan harus berlandaskan efisiensi dan pemanfaatan lingkungan secara bertanggung jawab.

Menurut Outlook Energi Indonesia (OEI) 2018 tahun 2016-2018, pemanfaatan listrik terus berkembang mengingat inovasi teknologi berbasis listrik tumbuh pesat dan digunakan hampir semua sektor, terutama sektor rumah tangga dan komersial. Kebutuhan listrik meningkat sebesar 6% per tahun 2050 atau menjadi 7,4 kali lipat dari konsumsi 2016. Energi listrik digunakan pada sektor industri, komersial dan rumah tangga [1].

Pembangunan berkelanjutan difokuskan dalam peningkatan aktivitas ekonomi dan pembaruan teknologi. Pembangunan berkelanjutan membutuhkan energi yang sangat besar dalam memulai proses tersebut. Sulawesi Selatan memiliki potensi energi baru terbarukan yang sangat besar yaitu energi gas alam, air, dan angin. Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi tren utama untuk penggunaan energi dalam konsep pembangunan berkelanjutan.

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki aktivitas perekonomian yang padat. Peningkatan ekonomi sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga penggunaan energi yang dibutuhkan meningkat secara signifikan. Kebutuhan energi listrik di Kota Makassar yang sangat besar untuk aktivitas siang hari berada pada sektor komersial dan industri. Sedangkan untuk aktivitas malam hari berada pada sektor permukiman.

Kota Makassar memiliki persediaan energi yang masih sangat bergantung pada energi konvensional. Energi digunakan sebagai pembangkit listrik dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga, komersial, industri, dan fasilitas umum dalam kota. Ketergantungan ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan Kota Makassar dalam membangun infrastruktur dan

secara mandiri. Suplai listrik dalam kota hanya mengandalkan pembangkit listrik yang berada pada wilayah hinterland sekitarnya. Hal ini disebabkan minimnya infrastruktur energi yang dibangun secara mandiri.

- 1) Bagaimana karakteristik kebutuhan (*Demand*) energi listrik di Kota Makassar?
- 2) Bagaimana karakteristik penyediaan (*Supply*) energi listrik di Kota Makassar?
- 3) Bagaimana strategi pengembangan infrastruktur listrik Kota Makassar untuk mewujudkan *Sustainable City*?

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah sebelumnya maka tujuan penelitian ini yaitu, 1) Mengidentifikasi kebutuhan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar, 2) Mengidentifikasi penyediaan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar, 3) Membuat Konsep Energi Baru Terbarukan untuk mewujudkan *Sustainable City* di Kota Makassar.

2. Kajian Pustaka

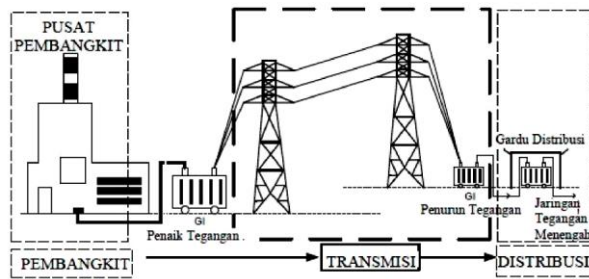
Energi listrik merupakan bagian mendasar dari alam semesta dan salah satu bentuk energi yang paling banyak digunakan. Listrik sebenarnya merupakan sumber energi sekunder, yang disebut sebagai pembawa energi. Hal ini berarti bahwa kita mendapatkan listrik dari konversi dari sumber energi lainnya, seperti batu bara, nuklir, atau matahari yang disebut sebagai sumber primer. Sumber energi listrik yang kita gunakan dapat terbarukan atau tak terbarukan.

Infrastruktur listrik adalah fasilitas-fasilitas fisik yang dikembangkan atau dibutuhkan oleh publik umum untuk dalam penyediaan tenaga listrik untuk memfasilitasi tujuan-tujuan sosial dan ekonomi yang ada saat ini. Listrik merupakan salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari manusia zaman sekarang karena hampir semua peralatan yang menunjang aktivitas manusia menggunakan listrik sebagai dayanya.

Komponen umum infrastruktur listrik meliputi proses listrik dari hulu ke hilir yaitu dari produksi listrik ke konsumen (pengguna). Komponen listrik terdiri dari pembangkit listrik (main component), jaringan listrik (transmisi dan distribusi), gardu listrik (secondary component), dan konsumen listrik (primary component).



Berikut adalah gambar skema komponen listrik:



Gambar 1. Komponen infrastruktur listrik

Sumber energi konvensional merupakan sumber energi yang belum tersentuh oleh teknologi yang ada atau belum diubah menjadi energi yang praktis, energi ini merupakan energi dalam bumi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui lagi. Sumber energi ini cepat atau lambat akan habis dan berbahaya bagi lingkungan. Disebutkan bahwa energi ini tidak dapat diperbarui maksudnya adalah energi ini tidak dapat diregenerasi dalam waktu yang singkat. Lalu berbahaya bagi lingkungan karena menimbulkan polusi udara, air dan tanah yang berdampak pada kelangsungan makhluk hidup. Indonesia sendiri memiliki sumber energi konvensional berupa, dalam bentuk cairan (minyak), gas (gas alam) dan padat (batubara dan uranium). Saat ini ketersediaan sumber energi konvensional berupa minyak sudah terbatas, gas alam yang cukup dan batubara yang masih sangat melimpah.



Gambar 2. Energi konvensional batubara [2]

Energi baru terbarukan merupakan energi yang dapat diperbarui dalam waktu singkat atau secara umum dikenal sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diperbarui secara alami.

Selain waktu regenerasinya juga pada energi konvensional tidak tersentuh oleh teknologi sedangkan pada energi terbarukan melalui teknologi contohnya pembuatan aki, baterai, solar cell dan sejenisnya. Memang pada dasarnya energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam, hanya saja energi ini diolah kembali sehingga menjadi energi yang lebih praktis dan siap digunakan. Beberapa alternatif pengembangan sumber energi terbarukan yang tujuannya digunakan untuk mengganti sumber energi konvensional.



Gambar 3. Energi terbarukan cahaya matahari [3]

Tenaga listrik yang didistribusikan ke pelanggan (konsumen) digunakan sebagai sumber daya untuk bermacam-macam peralatan yang membutuhkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Peralatan tersebut umumnya bisa berupa lampu (penerangan), beban daya (untuk motor listrik), pemanas, dan sumber daya peralatan elektronik.

Tabel 1. Kategori pengguna listrik [4]

No	Golongan tarif	Batas daya
1	R-1/TR	1.300 VA
2	R-1/TR	2.200 VA
3	R-2/TR	3.500 VA s.d 5.500 VA
4	R-3/TR	6.600 VA keatas
5	B-2/TR	6.600 VA s.d 200 kVA
6	B-3/TM	Diatas 200 kVA
7	I-3/TM	Diatas 200 kVA
8	I-4/TT	30.000 VA ke atas
9	P-1/TR	6.600 VA s.d 200 kVA
10	P-2/TM	Diatas 200 kVA
11	P-3/TR	-
12	L/TR	-

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik, secara garis besar, ragam beban dapat diklasifikasikan menjadi sektor rumah tangga, sektor bisnis/komersial, sektor industri, sektor umum/publik, dan sektor lainnya.

Prakiraan kebutuhan energi listrik dijelaskan bahwa perencanaan untuk sistem daya optimum dapat dibagi menjadi tiga yaitu: prakiraan jangka panjang, jangka menengah, dan jangka pendek.

Perhitungan kebutuhan energi listrik dipengaruhi oleh jumlah pengguna listrik, pengguna listrik yang dimaksud adalah penduduk yang melakukan aktivitas dengan menggunakan energi listrik. Proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan rumus proyeksi geometri

Proyeksi geometri digunakan karena laju pertumbuhan penduduk di Kota Makassar memiliki angka yang konstan.

$$P_n = P_o (1 + r)^{(n)} \tag{1}$$

keterangan:

- P_n = Proyeksi penduduk tahun tertentu
- P_o = Penduduk awal tahun
- 1 = konstanta
- r = angka pertumbuhan penduduk
- n = rentang tahun

Elastisitas adalah sebuah ukuran berapa banyak pembeli atau penjual respon terhadap perubahan-perubahan kondisi pasar. Elastisitas permintaan merupakan ukuran derajat kepekaan permintaan suatu barang terhadap perubahan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Elastisitas permintaan tenaga listrik yaitu perbandingan pertumbuhan penjualan energi listrik (kWh) dengan pertumbuhan ekonomi (PDRB).

$$e = \frac{\text{Pertumbuhan energi listrik}}{\text{Pertumbuhan PDRB}} \tag{2}$$

Faktor pelanggan yaitu perbandingan antara jumlah pelanggan dan pertumbuhan ekonomi (PDRB) [5].

$$CF = \frac{\text{Jumlah pelanggan}}{\text{Pertumbuhan ekonomi (PDRB)}} \tag{3}$$

Karakteristik penyediaan energi listrik terbagi menjadi energi baru terbarukan dan energi konvensional. Energi baru terbarukan merupakan energi yang dapat digunakan secara terus menerus dan dapat diolah kembali.



Gambar 4. Software LEAP [6]

LEAP (*Long-range Energi Alternatives Planning system*) adalah suatu *software* yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. Modul key assumption, adalah untuk menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan pada modul Demand, misalnya adalah jumlah penduduk, PDRB, dan sebagainya. Modul Demand adalah menghitung permintaan energi. Permintaan energi didefinisikan sebagai perkalian antara aktivitas dan intensitas pemakaian energi.

Proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik dilakukan dengan *software* LEAP dengan merincikan persamaan seperti berikut;

Rumus Forecasting jumlah pengguna :

$$P_{(sektor)} = P_{(sektor)-1} \left(1 + C_{(sektor)} \times \frac{g_{(sektor)}}{100} \right) \tag{4}$$

Keterangan:

- $P_{(Sektor)}$ = Jumlah Pelanggan Sektor
- $P_{(Sektor)-1}$ = Jumlah Pelanggan Sektor Tahun Sebelumnya
- $C_{(Sektor)}$ = Faktor Pelanggan Sektor
- $g_{(Sektor)}$ = Pertumbuhan PDRB Sektor

Rumus Forecasting kebutuhan energi :

$$E_{(sektor)} = E_{(sektor)-1} \left(1 + e_{(sektor)} \times \frac{g_{(sektor)}}{100} \right) \tag{5}$$

Keterangan:

- $E_{(Sektor)}$ = Jumlah energi listrik sektor
- $E_{(Sektor)-1}$ = Jumlah energi listrik sektor tahun sebelumnya
- $e_{(Sektor)}$ = Elastisitas energi sektor
- $g_{(Sektor)}$ = Pertumbuhan PDRB sektor



3. Metode Penelitian

Penelitian bersifat *riset and development* dengan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif yang disajikan dengan deskripsi, tabel, peta-peta, diagram, dan grafik menekankan proses penelusuran data atau informasi untuk diinterpretasikan.

Lokasi penelitian dilaksanakan diseluruh wilayah administrasi Kota Makassar meliputi 14 kecamatan tidak termasuk wilayah kepulauan. Kota Makassar dipilih dengan pertimbangan memiliki kawasan yang menjadi bangkitan penggunaan energi listrik dan berlandaskan visi misi Kota Makassar sebagai Kota Dunia.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode studi dokumen, observasi, wawancara, dan kuesioner. Sedangkan teknik analisis yang digunakan antara lain:

1. Analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif: mengukur kondisi fisik dan non fisik yang berkaitan terhadap infrastruktur energi listrik.
2. Pertumbuhan Ekonomi: mengetahui arah pembangunan Kota Makassar dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan sektor ekonomi yang mengalami peningkatan.
3. Proyeksi Penduduk: menggunakan metode *geometric rate of growth*
4. Pertumbuhan Pengguna Listrik: menganalisa kebutuhan energi listrik sesuai sektor pengguna dan berbasis terhadap pengguna listrik sektor rumah tangga sebagai hitungan acuan dasar.
5. Analisis *Forecasting Supply-Demand*: peramalan kebutuhan energi listrik semua sektro pengguna dengan memperhatikan indikator kunci yaitu jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, jumlah rumah tangga, dan sumber daya energi terbarukan yang tersedia. Menganalisa kesenjangan kebutuhan energi listrik yang akan datang dengan persediaan energi yang telah ada.
6. Analisis Spasial: penentuan lokasi energi baru terbarukan, menganalisa lokasi pertumbuhan pengguna energi serta aktivitas pengguna energi listrik yang berada pada pusat kegiatan.
7. Analisis Penyediaan Energi Baru Terbarukan: mengidentifikasi persediaan kapasitas dan bentuk energi baru terbarukan serta menginterpretasikan pembangunan

infrastruktur energi sesuai dengan rencana tata ruang ataupun rencana energi.

4. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Kebutuhan energi listrik di Kota Makassar dikelompokkan sesuai dengan jenis/sektor pengguna. Pengguna energi listrik Kota Makassar dibagi menjadi sektor rumah tangga, komersial/bisnis, industri, dan umum/publik.

Penggunaan listrik kota Makassar mulai tahun 2012-2017 terus mengalami peningkatan. Adapun peningkatan produksi listrik tertinggi terjadi mulai tahun 2015-2016 dengan jumlah peningkatan produksi sebesar 238.213.189 KWh, dan pada tahun 2017 meningkat menjadi 2.484.838.178 KWh

Peningkatan jumlah pelanggan listrik Kota Makassar pada tahun 2012 sampai 2015 mengalami peningkatan yang konstan karena jumlah permintaan energi mencakup penambahan daya kelistrikan. Tahun 2015-2016 hampir tidak mengalami peningkatan karena hanya mencakup penambahan instalasi listrik.

Tabel 2. Kategori pengguna listrik [7]

Tahun	Daya terpasang (MW)	Produksi listrik (Juta kWh)	Listrik terjual (Juta kWh)	Listrik terbuang (Juta kWh)	%
2012	1.423	1.641	1.528	112	7,36
2013	1.620	1.736	1.569	166	10,62
2014	1.622	1.872	1.674	198	11,84
2015	1.629	2.110	1.719	391	22,76
2016	1.668	2.348	2.207	140	6,38
2017	1.686	2.484	2.360	124	5,26

Produksi energi listrik Kota Makassar pada tahun 2017 sebesar 2.484 juta KWh dan energi terjual sebesar 2.360 juta KWh. Efektivitas penggunaan energi listrik Kota Makassar yaitu 94,84%.

Tabel 3. Kategori pengguna listrik [7]

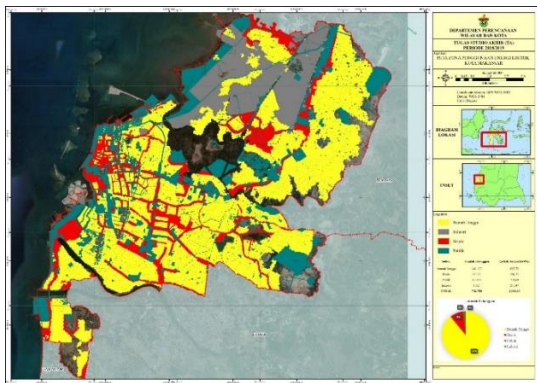
Sektor	Jumlah Pelanggan	Listrik Terjual (Juta kWh)
Rumah tangga	661.437	832,72
Komersial	67.382	596,72
Publik	12.854	719,69
Industri	1.027	211,47
Total	742.700	2.360,60

Jumlah pelanggan berdasarkan sektor layanan energi listrik di Kota Makassar terbagi menjadi



empat kelompok, yaitu rumah tangga, komersial, publik, dan industri. Kebutuhan listrik tertinggi terjadi pada kelompok rumah tangga dengan jumlah pelanggan sebanyak 661.437 dalam persen yaitu 89% dan terjual sebesar 832,72 Juta KWh. Sedangkan jumlah pelanggan terendah terjadi pada sektor layanan industri dengan jumlah pelanggan sebanyak 1.027 pelanggan dalam persentase 0,3% dan terjual sebesar 211,47 Juta KWh. Hal ini disebabkan karena sebagian besar pelaku industri lebih memilih menggunakan energi listrik mandiri (produksi sendiri) daripada menggunakan layanan kelistrikan dari pemerintah.

Klasifikasi ekonomi rumah tangga di Kota Makassar tersebar di beberapa titik. Kategori Ekonomi Tinggi bermukim di lokasi yang dekat dengan pusat-pusat kegiatan, kategori ekonomi menengah bermukim di permukiman dengan kepadatan sedang, dan kategori ekonomi rendah bermukim di sub-urban dan beberapa pinggiran kanal.



Gambar 5. Peta penggunaan energy listrik Kota Makassar [8]

Pengguna energi listrik Kota Makassar di sektor komersial yaitu pasar modern, mall, usaha dagang, ruko-ruko, perbankan, perhotelan dan pertokoan. Penggunaan terbesar energi listrik untuk sektor komersial terdapat di kawasan CBD dan beberapa pusat kegiatan ekonomi serta tersebar di beberapa jalan arteri primer dan sekunder.

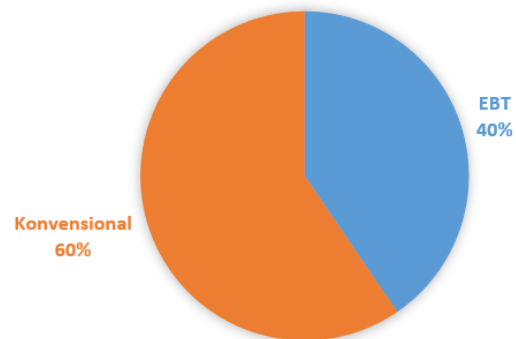
Penggunaan energi sektor industri terdapat di Kawasan Industri Makassar dan beberapa industri kecil. Penggunaan energi industri juga termasuk kawasan pergudangan. Untuk industri yang beroperasi di Kota Makassar belum semua

terintegrasi dengan energi listrik yang disediakan oleh PLN. Industri di KIMA masih menggunakan energi listrik sendiri yang dihasilkan oleh mesin diesel perusahaan pribadi.

Pelanggan sektor publik yaitu pemerintahan, PJU, pendidikan, peribadatan, taman kota, dan pelayanan sosial. Konsumsi terbesar pada sektor publik terdapat pada pelayanan sosial dan bidang pemerintahan. Pelayanan sosial tersebut adalah rumah sakit yang memiliki aktivitas 24 jam dan bidang pemerintahan yang memiliki aktivitas ± 12 jam.

Karakteristik persediaan kelistrikan kota Makassar terbagi menjadi dua kategori yaitu EBT dan Konvensional. Untuk kategori EBT dibagi menjadi tiga jenis yaitu air, angin dan gas, pada Kota Makassar sumber pembangkit energi listrik memiliki kapasitas tertinggi pada EBT jenis air dengan kapasitas 260 MW. Sedangkan untuk kategori konvensional terbagi menjadi dua jenis yaitu Batubara dan BBM dengan sumber pembangkit energi listrik tertinggi menggunakan Batubara dengan kapasitas 250 MW.

Kapasitas Pembangkit (MW)



Gambar 6. Rasio pembangkit konvensional dan terbarukan [7]

Perbandingan besar kapasitas penggunaan sumber pembangkit energi listrik di Kota Makassar yang terbagi menjadi dua kategori yaitu EBT dan Konvensional terdapat selisih yang sangat besar yakni 60% untuk konvensional dan 40% untuk EBT. Hal ini menjadi landasan pembangunan energi berkelanjutan yang ramah terhadap lingkungan, dengan meningkatkan sumber pembangkit tenaga listrik kategori EBT menjadi 80%.

Kota Makassar memiliki supply energi listrik 16 pembangkit, terdiri dari energi konvensional dan energi baru terbarukan. Infrastruktur kelistrikan Kota Makassar terdiri dari sumber pembangkit listrik, jaringan transmisi, jaringan distribusi, gardu induk, dan konsumen listrik.

Proyeksi penduduk Kota Makassar menggunakan data laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,072% dan elastisitas pertumbuhan penduduk 2,71. Berikut hasil proyeksi penduduk dengan target kebutuhan energi 20 tahun ke depan.

Tabel 4. Hasil proyeksi penduduk kota makassar 2017-2037

Periode Pencapaian	Tahun	Jumlah Penduduk
Periode 1	2017	1.495.490
	2018	1.521.835
	2019	1.548.645
	2020	1.548.645
	2021	1.603.688
	2022	1.631.939
Periode 2	2023	1.660.688
	2024	1.689.944
	2025	1.719.714
	2026	1.750.010
	2027	1.780.839
	Periode 3	2028
2029		1.844.135
2030		1.876.622
2031		1.909.682
2032		1.943.323
Periode 4		2033
	2034	2.012.395
	2035	2.047.846
	2036	2.083.922
	2037	2.120.633

Proyeksi penduduk dari tahun 2017-2037 mengalami peningkatan sebesar 625.143 jiwa atau 41,8% dari jumlah penduduk pada tahun 2017. Hasil proyeksi penduduk Kota Makassar digunakan untuk menganalisis jumlah penggunaan energi Kota Makassar dengan asumsi penggunaan energi listrik individu pada tahun 2017 dengan landasan jumlah penduduk ditahun yang sama dan hasil survei tahun 2017.

Tabel 5. Hasil proyeksi penduduk Kota Makassar 2017 – 2037

Laju PDRB Kota Makassar 2014-2017					
Tahun	2014	2015	2016	2017	Rata-rata (%)
Rumah tangga	4,96	4,65	5,48	6,12	5,30
Industri	7,78	6,77	7,85	6,38	7,20
Perdagangan	7,58	7,05	9,26	10,34	8,56
Pemerintahan	1,7	6,64	3,15	1,53	3,26
Jasa-jasa	7,43	7,06	9,36	9,42	8,32

Laju rata-rata PDRB Kota Makassar terbesar yaitu sektor perdagangan. Laju sektor perdagangan searah dengan pengembangan pembangunan Kota Makassar yang terfokus kepada peningkatan perekonomian wilayah. Konsumsi PDRB untuk rumah tangga memiliki rata-rata laju pertumbuhan ekonomi sebesar 5,30%. Hal ini tidak searah dengan peningkatan jumlah penduduk yang mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya. Sektor industri mengalami penurunan laju pertumbuhan ekonomi pada tahun 2017, menyebabkan aktivitas perindustrian Kota Makassar mengalami penurunan dan mempengaruhi jumlah energi yang digunakan dalam aktivitas industri.

Hasil proyeksi jumlah penduduk untuk 20 tahun mendatang (tahun 2037) sebanyak 2.120.633 jiwa. Sehingga untuk perhitungan energi, sesuai dengan kebutuhan energi individu sebanyak 170 Wh/orang/hari, maka diperkirakan kebutuhan energi listrik untuk 20 tahun mendatang mencapai 138.053.226 KWh. Konsumsi pada tahun awal perencanaan (2017) sampai dengan kebutuhan energi listrik pada tahun target perencanaan (2037) mengalami peningkatan kebutuhan listrik sebesar 40.696.821 KWh. Perbandingan yang sangat besar terhadap konsumsi listrik sektor rumah tangga pada tahun 2017 (832.720.000 Kwh) dengan kebutuhan listrik berdasarkan penggunaan individu pada tahun 2017 (97.356.405 KWh) yaitu 90 : 10 persen.

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan hasil proyeksi jumlah penduduk untuk 20 tahun mendatang (tahun 2037) ialah sebanyak 2.120.633 jiwa. Sehingga untuk perhitungan energi, sesuai dengan kebutuhan energi per kapita sebanyak 1.279 KWh/orang/tahun, maka



diperkirakan kebutuhan energi listrik untuk 20 tahun mendatang mencapai 2.712.289.952 KWh. Konsumsi pada tahun awal perencanaan (2017) sampai dengan kebutuhan energi listrik pada tahun target perencanaan (2037) mengalami peningkatan kebutuhan listrik sebesar 799.558.123 KWh. Perbandingan yang sangat besar terhadap konsumsi listrik sektor rumah tangga pada tahun 2017 (832.720.000 Kwh) dengan kebutuhan listrik berdasarkan penggunaan per kapita pada tahun 2017 (1.912.731.829 KWh) yaitu 30 : 70 persen.

Tabel 6. Analisis elastisitas energi dan faktor pelanggan

Sektor	Laju jumlah pelanggan	Laju PDRB	Laju energy listrik	Elastisitas	CF
Rumah tangga	4,58	3,92	8,02	2,04	1,17
Komersial	4,58	8,56	8,02	0,94	0,54
Publik	4,58	8,32	8,02	0,96	0,55
Industri	4,58	7,20	8,02	1,11	0,64

Menunjukkan hasil elastisitas sektor rumah tangga memiliki nilai yang tinggi dan elastisitas sektor komersial memiliki nilai yang sangat rendah, hal ini mempengaruhi prakiraan konsumsi atau penggunaan energi dari sektor masing-masing. Hasil faktor beban rumah tangga yang tinggi dan faktor beban pelanggan komersial yang rendah mempengaruhi prakiraan jumlah pelanggan terhadap sektor masing-masing.

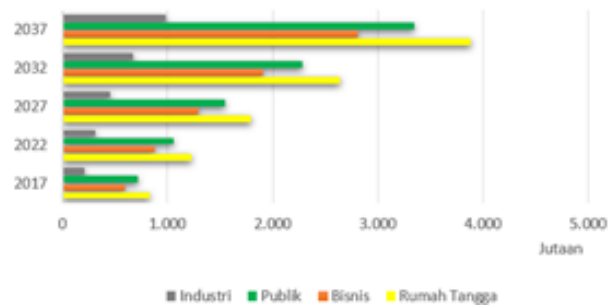
Jumlah proyeksi pelanggan selama 20 tahun rencana yaitu 1.079.421 pelanggan. Sektor rumah tangga merupakan sektor dengan pengguna terbesar dengan persentase 89%. Kemudian disusul oleh pelanggan sektor komersial, publik, dan industri. Dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan setiap tahun sebesar 4,6%.

Berdasarkan Gambar 7, kebutuhan energi listrik Kota Makassar pada tahun 2017 sebanyak 2.360,60 juta KWh, setelah diproyeksikan kebutuhan energi listrik selama 20 tahun yaitu tahun 2037 sebesar 11.014,93 juta KWh. Sektor rumah tangga memiliki persentase 35%, sektor publik memiliki persentase 30%, sektor komersial memiliki persentase 26%, dan sektor industri memiliki persentase 9%.

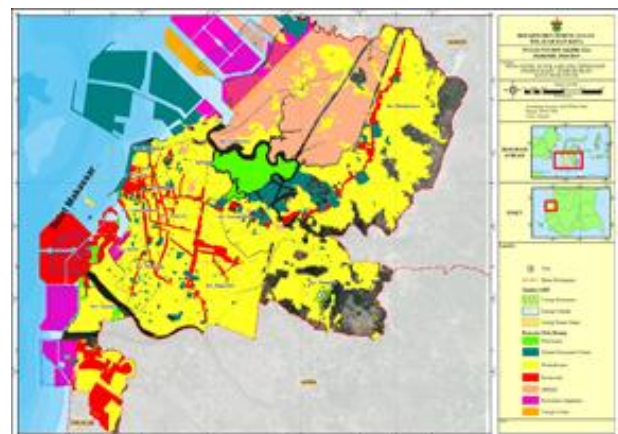
Tabel 7. Proyeksi pelanggan energi listrik 2017-2037

Tahun	Sektor (ribuan)				Total
	Rumah tangga	Komersial	Publik	Industry	
2017	661.437	67.382	12.854	1.027	742.700
2018	691.773	70.496	13.442	1.074	776.786
2019	723.501	73.755	14.057	1.124	812.437
2020	756.683	77.164	14.701	1.176	849.724
2021	791.388	80.731	15.373	1.230	888.722
2022	827.684	84.463	16.077	1.287	929.510
2023	865.645	88.367	16.813	1.346	972.170
2024	905.347	92.451	17.582	1.408	1.016.788
2025	946.870	96.725	18.387	1.473	1.063.454
2026	990.297	101.196	19.228	1.541	1.112.262
2027	1.035.716	105.874	20.108	1.612	1.163.309
2028	1.083.218	110.768	21.028	1.686	1.216.700
2029	1.132.899	115.888	21.990	1.764	1.272.540
2030	1.184.858	121.244	22.996	1.845	1.330.944
2031	1.239.200	126.849	24.049	1.930	1.392.028
2032	1.296.035	132.712	25.149	2.019	1.455.916
2033	1.355.476	138.847	26.300	2.112	1.522.735
2034	1.417.644	145.265	27.504	2.209	1.592.622
2035	1.482.663	151.980	28.762	2.311	1.665.716
2036	1.550.664	159.005	30.078	2.418	1.742.164
2037	1.621.783	166.355	31.455	2.529	1.822.121

Proyeksi Kebutuhan Listrik Kota Makassar



Gambar 7. Diagram total kebutuhan proyeksi listrik [8]



Gambar 8. Overlay pola ruang terhadap energi terbarukan [9]

Peta overlay untuk energi baru terbarukan jenis ombak terletak pada Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Tamalanrea dengan peruntukan rencana tata ruang yaitu kawasan campuran, kawasan energi center, dan kawasan komersial. Energi ombak melayani sektor yang berada pada sekitar kawasan pembangkit yaitu sektor komersial, pariwisata, campuran, publik, dan permukiman.

Energi baru terbarukan jenis gas alam terletak pada Kecamatan Tamalanrea dan Kecamatan Biringkanaya dengan peruntukan rencana tata ruang yaitu kawasan campuran, industri, dan energi center. Energi gas alam melayani sektor industri (KIMA Park), permukiman, dan publik (pelayanan umum).

Energi baru terbarukan jenis biomassa terletak pada Kecamatan Manggala dengan peruntukan rencana tata ruang yaitu kawasan permukiman. Energi biomassa melayani sektor rumah tangga dan publik.

Tabel 8. Kapasitas energi terbarukan Kota Makassar

No.	Jenis energy	Lokasi	Kapasitas (MW)
1	Energi ombak	Tamalanrea-Sektor 1	15
2	Energi ombak	Tamalate-Sektor 1	10
3	Energi ombak	Tamalate-Sektor 2	10
4	Energi ombak	Tamalate-Sektor 3	7.5
5	Energi gas alam	Biringkanaya-Sektor 1	250
6	Energi gas alam	Tamalanrea Sektor 1	300
7	Energi gas alam	Manggala-Sektor 1	30

Total energi terbarukan yang ada di Kota Makassar sebesar 622,5 MW, adapun pembagiannya yaitu energi ombak sebesar 42,5MW, energi gas alam sebesar 550 MW, dan energi biomassa sebesar 30 MW. Energi ombak terletak di dua kecamatan yaitu Kecamatan Tamalanrea dan Kecamatan Tamalate dengan pembagian empat sekto kerja. Energi gas alam terletak pada dua kecamatan yaitu Kecamatan Biringkanaya dan Kecamatan Tamalanrea dengan pembagian dua setor kerja. Energi biomassa terletak pada Kecamatan Mangga dan memiliki satu sektor kerja.



Gambar 9. Diagram penyediaan dan kebutuhan listrik [8]

Berdasarkan hasil analisis forecasting supply-demand didapatkan disparitas konsumsi energi listrik terhadap penyediaan energi listrik, sehingga dilakukan penambahan kapasitas energi untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik setiap tahunnya. Periode 1 (2017-2022) dibutuhkan energi tambahan sebesar 739,24 MW untuk memenuhi kebutuhan listrik selama lima tahun pertama, periode 2 (2023-2027) dibutuhkan energi tambahan sebesar 1.086,49 MW, periode 3 (2028-2032) dibutuhkan energi tambahan sebesar 1.596,86 MW, dan periode 4 (2033-2037) dibutuhkan energi tambahan sebesar 2.346,97 MW.

Berdasarkan tabel komparasi energi konvensional dan energi terbarukan terhadap kelebihan dan kekurangan berdasarkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Komparasi energi konvensional menunjukkan kecenderungan negatif terhadap penggunaan energi yang memiliki kekurangan pada sektor sosial dan lingkungan, sedangkan energi konvensional menunjukkan kecenderungan positif terhadap penggunaan energi yang memiliki keunggulan pada sektor sosial dan lingkungan. Faktor lingkungan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penilaian penggunaan energi konvensional dan energi terbarukan untuk menilai langsung terhadap masyarakat. Faktor ekonomi merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pembangunan dan investasi yang dilakukan oleh pemerintah untuk menjalankan program energi terbarukan.



Tabel 9. Komparasi energi konvensional dan energi terbarukan

Indikator	Energi Konvensional	Energi baru terbarukan	Potensi energy
Sosial	Akibat polusi yang dihasilkan menyebabkan terganggunya kesehatan masyarakat, membuka lapangan kerja yang besar terhadap masyarakat	Membuka lapangan kerja yang baru terhadap masyarakat sekitar dan meningkatkan pengetahuan masyarakat terhadap kesadaran lingkungan	
Ekonomi	Memiliki biaya pembangunan dan operasional yang murah	Memiliki biaya pembangunan dan operasional yang sangat mahal, sumber energi yang gratis	Energi biomassa, energi ombak, dan energi gas alam
Lingkungan	Menyebabkan kerusakan lingkungan pada saat pengolahan bahan bakar dan pada saat proses produksi energi	Penggunaan energi yang bersih dan gratis serta buangan yang dihasilkan berupa konversi energi yang dapat diolah kembali dan dilepaskan ke alam.	

Tabel 10. Penambahan daya produksi 2017-2037

Periode	Tahun	Kebutuhan daya tambahan	Jenis rencana pembangkit
Periode I	2017	0,00	-
	2018	125,99	
	2019	136,08	PLT Ombak
	2020	146,97	Sektor 1,2,3
	2021	158,74	Tamalate
	2022	171,45	
Periode II	2023	185,18	PLT Ombak
	2024	200,00	Sektor 1
	2025	216,01	Tamalanrea
	2026	233,31	+ PLT
	2027	251,99	Biomassa
Periode III	2028	272,16	
	2029	293,95	PLT Gas
	2030	317,49	alam Sektor 1
	2031	342,90	

Periode	Tahun	Kebutuhan daya tambahan	Jenis rencana pembangkit
Periode IV	2032	370,36	
	2033	400,01	
	2034	432,03	PLT Gas
	2035	466,62	alam Sektor 2
	2036	503,98	
	2037	544,33	

Sumber: Hasil analisis pribadi

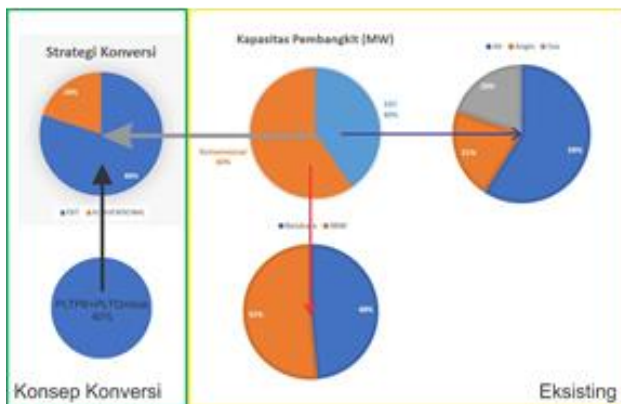
Tabel 11. Penambahan daya produksi 2017-2037

Sektor	Indikator strategi	Strategi pengembangan
Rumah tangga	Kebutuhan	Total kebutuhan sasaran tahun 2017-2022 sebesar 390,63 juta KWh, tahun 2023-2027 sebesar 573,89 juta KWh, tahun 2028-2032 sebesar 843,60 juta KWh, dan tahun 2033-2037 sebesar 1.238,61 juta KWh
	Bauran Energi	Memanfaatkan sumber energi biomassa dan energi ombak (untuk permukiman wilayah pesisir)
	Teknologi Pembangkit	PLT Biomassa (20 MW) dan PLT Ombak (15 MW)
Komersial	Lokasi	Pembangkit biomassa dibangun pada TPA Antang dan pembangkit ombak di Selat Makassar
	Kebutuhan	Total kebutuhan sasaran tahun 2017-2022 sebesar 281,94 juta KWh, tahun 2023-2027 sebesar 415,16 juta KWh, tahun 2028-2032 sebesar 611,32 juta KWh, dan tahun 2033-2037 sebesar 900,15 juta KWh
	Bauran Energi	Memanfaatkan sumber energi ombak (untuk komersial wilayah pesisir dan pusat kota)
Publik	Teknologi Pembangkit	PLT Ombak (10 + 10 MW)
	Lokasi	Pembangkit ombak di Selat Makassar dan tanjung bunga
	Kebutuhan	Total kebutuhan sasaran tahun 2017-2022 sebesar 337,15 juta KWh, tahun 2023-2027 sebesar 495,08 juta KWh, tahun 2028-2032 sebesar 727,01 juta KWh, dan tahun 2033-2037 sebesar 1.067,58 juta KWh
	Bauran	Memanfaatkan sumber



Sektor	Indikator strategi	Strategi pengembangan
	Energi	energi biomassa dan energi ombak (untuk pelayanan umum wilayah pesisir dan pusat kota)
	Teknologi Pembangkit	PLT Ombak (15 + 10 MW)
	Lokasi	Pembangkit ombak di Selat Makassar
Industri	Kebutuhan	Total kebutuhan sasaran tahun 2017-2022 sebesar 99,13 juta KWh, tahun 2023-2027 sebesar 145,60 juta KWh, tahun 2028-2032 sebesar 213,86 juta KWh, dan tahun 2033-2037 sebesar 314,11 juta KWh
	Bauran Energi	Memfaatkan sumber energi gas alam dan energi ombak
	Teknologi Pembangkit	PLTPB (250 MW) dan PLT Ombak (10 MW)
	Lokasi	Pembangkit tenaga gas alam dibangun pada pesisir Kecamatan Tamalanrea dan pembangkit ombak di Selat Makassar

Strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan transformasi energi konvensional sebesar 40% dari 60% menjadi energi baru terbarukan menjadi 80%. Perencanaan infrastruktur pembangkit energi berdasarkan potensi energi baru terbarukan di Kota Makassar yaitu energi gas alam, energi ombak, dan energi biomassa.



Gambar 10. Strategi pengembangan konversi energi baru terbarukan

5. Kesimpulan dan Saran

- 1) Karakteristik kebutuhan energi listrik Kota Makassar terdiri dari sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor publik, dan sektor industri. Konsumsi energi listrik Kota Makassar tahun 2017 yaitu 2.360,60 juta KWh, konsumsi energi terbesar untuk sektor rumah tangga (35%) dengan jumlah pelanggan 661.437 dan konsumsi energi listrik terendah untuk sektor industri (9%) dengan jumlah pelanggan 1.027. Konsumsi energi listrik terbesar Kota Makassar pada aktivitas siang hari terjadi pada sektor komersial dan industri (34%), sedangkan pada aktivitas malam hari yaitu sektor rumah tangga dan sektor publik (54%).
- 2) Kebutuhan listrik Kota Makassar tahun 2037 sebesar 11.014,93 juta KWh, untuk sektor rumah tangga memiliki kebutuhan energi listrik tertinggi dengan persentase 35%, hal ini terjadi akibat peningkatan pertumbuhan penduduk, modernisasi teknologi, dan pengembangan Kawasan permukiman sangat pesat. Kebutuhan energi listrik terendah untuk sektor industri dengan persentase 10%, hal ini dipengaruhi oleh penggunaan teknologi belum efisien, produksi industri rendah, dan penggunaan energi pribadi perusahaan.
- 3) Kota Makassar memiliki kapasitas pembangkit energi listrik sebesar 1.686 MW, terdiri dari energi konvensional sebesar 60% dan energi baru terbarukan sebesar 40%. Energi konvensional bersumber dari batu bara dan bahan bakar minyak, sedangkan pembangkit energi baru terbarukan bersumber dari air, angin, dan gas. Sumber energi konvensional terbesar untuk Kota Makassar yaitu PLTU Jeneponto dengan persentase 15% dan sumber energi baru terbarukan yaitu PLTA Poso dengan persentase 15%. Produksi energi listrik Kota Makassar pada tahun 2017 sebesar 2.484 juta KWh dan energi terjual sebesar 2.360 juta KWh. Efektivitas penggunaan energi listrik Kota Makassar yaitu 94,84%.
- 4) Pertumbuhan kebutuhan energi listrik Kota Makassar mengalami peningkatan setiap tahun. Pada tahun 2018 mengalami defisit energi listrik sebesar 125,99 MW dan



5.759,56 MW pada tahun 2037. Untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan yang melebihi persediaan energi listrik maka dilakukan perencanaan secara bertahap. Perencanaan penambahan pembangkit dimulai pada tahun 2020, perencanaan periode pertama (2017-2022) dibutuhkan pembangkit listrik dengan energi sebesar 739,24 MW, periode kedua (2022-2027) dibutuhkan sebesar 1.086,49 MW, periode ketiga (2027-2032) dibutuhkan sebesar 1.596,86 MW, dan periode terakhir (2032-2037) dibutuhkan sebesar 2.346,97 MW.

- 5) Untuk mewujudkan Kota Makassar *sustainable city*, jumlah penggunaan energi terbarukan harus ditingkatkan. Strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan transformasi energi konvensional sebesar 40% dari 60% menjadi energi baru terbarukan menjadi 80%. Perencanaan infrastruktur pembangkit energi berdasarkan potensi energi baru terbarukan di Kota Makassar yaitu energi gas alam, energi ombak, dan energi biomassa.

Berdasarkan arahan dan pengembangan energi konvensional menjadi energi terbarukan, berikut saran yang dapat direkomendasikan dalam implementasinya :

- 1) Laporan perencanaan ini hanya berfokus pada kebutuhan dan penyediaan energi listrik oleh pemerintah. Perencanaan ini kurang memperhatikan faktor-faktor penting dalam peningkatan kebutuhan energi pada setiap sektor. Konversi terhadap energi konvensional menjadi energi terbarukan hanya menggunakan faktor sosial, ekonomi dan lingkungan dalam perencanaan kebutuhan energi. Diharapkan perencana selanjutnya dapat merincikan secara detail faktor-faktor terkait energi.

- 2) Pihak pengelola energi listrik (Perusahaan Listrik Negara) sebaiknya bekerja sama dengan seluruh stakeholder dalam pengembangan sumber energi terbarukan, seperti bekerja sama dengan pemerintah dalam putusan kebijakan, bekerja sama dengan akademisi dalam mengkaji potensi terbarukan serta teknologinya, dan bekerja sama dengan pihak swasta dalam investasi dan pembiayaan peningkatan infrastruktur kelistrikan yang efisien.
- 3) Masyarakat sebagai pengguna dapat melakukan penghematan energi dan menggunakan peralatan yang hemat energi serta ramah terhadap lingkungan. Perilaku penggunaan energi listrik yang ramah dapat menekan peningkatan akan kebutuhan energi listrik dan perencanaan dapat difokuskan terhadap konversi energi terbarukan.

Referensi

- [1] Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi. 2018. *Outlook Energi Indonesia 2018. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)* ISBN 978-602-1328-05-7. Available at <http://bppt.go.id> (akses terakhir 15 Januari 2019).
- [2] www.tirto.id (akses terakhir 9 Januari 2019).
- [3] www.gheotermalindonesia.id (akses terakhir 15 Januari 2019).
- [4] Permen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016 Tentang Tarif Tenaga Listrik. PT PLN (PERSERO).
- [5] Kassa, Deryanus dkk. 2015. *Ketersediaan Energi Listrik Sulawesi Utara Sampai Tahun 2020*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 4, No.1 (2015). e-ISSN: 2685-368X (akses terakhir 6 Desember 2018).
- [6] <https://www.energycommunity.org/> (akses terakhir 15 Januari 2019).
- [7] Dokumen Laporan Tahunan Tenaga Listrik PLN Wilayah Sulselrabar. 2018. PLN Wilayah Sulselrabar: Makassar.
- [8] Analisis Aplikasi LEAP
- [9] Analisis Overlay Menggunakan ArcGIS.

