

KAJIAN PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PEMENUHAN ENERGI LISTRIK DI WILAYAH KOTA PALU MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LEAP

Keny Glen Fulan Balok¹, Yuli Asmi Rahman², Muh. Aristo Indrajaya³, Irwan Mahmudi⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako ¹²³⁴
f44120059@untad.ac.id ¹

ABSTRACT

The increasing population and economic development in Palu City have significantly increased electricity demand, making long-term electricity planning essential. This study aims to project electricity demand and analyze the adequacy of electricity supply in Palu City for the period 2025-2034 using the Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) software. Two scenarios were developed, namely End-Use and Business as Usual (BAU). Historical data from 2020-2024, including population, households, Gross Regional Domestic Product (GRDP), electricity customers, electricity consumption, and peak load, were used as model inputs. The End-Use scenarios projects the number of electricity customer increase from 273,575 in 2025 to 499,602 in 2034, electricity consumption from 713 GWh to 2,110 GWh, and peak load from 136 MW to 401 MW. The BAU scenario also indicates continuous growth following historical trends without policy intervention. Validation against actual 2025 data shows that the End-Use scenarios provides satisfactory projection results and can be utilized as a reference planning in Palu City.

Keywords : LEAP, electricity demand, End-Use, Business as Usual, electricity planning

INTISARI

Pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan sektor ekonomi di Kota Palu mengakibatkan meningkatnya permintaan energi listrik, sehingga perencanaan yang dapat memastikan ketersediaan pasokan listrik di masa yang akan datang sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan memproyeksikan kebutuhan energi listrik serta menganalisis kecukupan pemenuhan di Kota Palu selama periode 2025-2034. Metode yang digunakan adalah pemodelan dengan *software* LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*) dengan dua skenario, yakni *End-Use* dan *Business as Usual* (BAU). Data yang digunakan adalah data historis dari tahun 2020-2024, mencakup jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, PDRB, jumlah pelanggan listrik, konsumsi energi listrik dan beban puncak. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pada skenario *End-Use*, jumlah pelanggan listrik bertambah dari 273.555 pada tahun 2025 menjadi 499.224 pada tahun 2034, konsumsi energi listrik meningkat dari 713 GWh menjadi 2.110 GWh, serta beban puncak naik dari 136 MW menjadi 401 MW. Skenario BAU juga menunjukkan peningkatan kebutuhan energi listrik berdasarkan tren historis tanpa adanya intervensi kebijakan. Hasil proyeksi ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan penyediaan dan pengembangan sistem kelistrikan Kota Palu secara berkelanjutan.

Kata kunci: LEAP, kebutuhan energi listrik, proyeksi energi, *End-Use*, *Business as Usual*, Kota Palu

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Kota Palu terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, serta pembangunan infrastruktur. Kondisi tersebut menuntut adanya perencanaan sistem kelistrikan yang mampu menjamin ketersediaan pasokan listrik secara berkelanjutan. Sistem kelistrikan Kota Palu saat ini masih didukung oleh PLTA Poso sebagai pemasok utama dengan dukungan PLTU Palu-3 dan PLTD sebagai pembangkit cadangan sehingga diperlukan evaluasi terhadap kecukupan daya pada masa mendatang.

Perencanaan kebutuhan energi listrik dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak LEAP yang mampu memodelkan hubungan antara pertumbuhan penduduk, aktivitas ekonomi, jumlah pelanggan, konsumsi energi, dan beban puncak dalam berbagai skenario. Melalui pendekatan *End-Use* dan *Business as Usual* (BAU), penelitian ini memberikan gambaran proyeksi kebutuhan listrik Kota Palu selama periode 2025-2034 sekaligus menganalisis kecukupan pemenuhannya.

II. LANDASAN TEORI

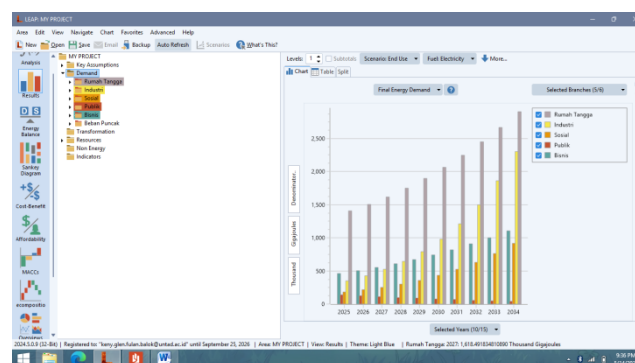
A. Perencanaan Kebutuhan Energi Listrik

Perencanaan kebutuhan energi listrik merupakan proses memperkirakan kebutuhan energi pada masa mendatang berdasarkan perkembangan jumlah penduduk, aktivitas ekonomi, jumlah pelanggan, serta pola konsumsi energi. Hasil proyeksi tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengembangan sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi agar mampu memenuhi kebutuhan listrik secara andal dan berkelanjutan.

B. Perangkat Lunak LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*)

LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*) merupakan perangkat lunak perencanaan energi yang dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute (SEI). LEAP

banyak digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan dan penyediaan energi melalui berbagai skenario sehingga dapat mendukung penyusunan kebijakan energi jangka panjang. dalam penelitian ini digunakan dua skenario, yaitu *End-Use* dan *Business as Usual* (BAU).



Gambar 2.1 Tampilan LEAP

C. Metode *End-Use*

Metode *End-Use* merupakan pendekatan yang menghitung kebutuhan energi berdasarkan penggunaan akhir pada setiap sektro pelanggan. Proyeksi dilakukan dengan mempertimbangkan pertumbuhan jumlah penduduk, rasio elektrifikasi, faktor pelanggan, elastisitas energi, dan pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Pendekatan ini mampu menggambarkan perubahan kebutuhan energi secara lebih rinci pada sektor rumah tangga, industri, sosial, publik dan bisnis.

Berikut ini adalah persamaan matematika metode *end-use*:

- a. Jumlah Pelanggan / *Number of Customer* ($NC_{(t)}$)

$$NC_{R(t)} = \left[\left(\frac{RE_{(t)}}{100} \right) \left(\frac{JP_{(t)}}{\left(\frac{P}{Hh} \right)_{(t)}} \right) \right] \quad (5)$$

Dimana:

$NC_{R(t)}$ = Jumlah pelanggan rumah tangga tahun t

- (t) = Tahun tahun t [%]
 RE_(t) = Rasio elektrifikasi tahun t
 JP_(t) = Jumlah penduduk tahun t
 (P/Hh)_(t) = Jumlah orang per rumah tangga tahun t

$$NC_{B(t)} = \left[1 + \frac{(CF_{B(t)} \times GD_{B(t)})}{100} \right] NC_{B(t-1)} \quad (6)$$

Dimana:

- NC_{B(t)} = Jumlah pelanggan bisnis t [jiwa]
 CF_{B(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sektor bisnis
 GD_{B(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor bisnis tahun t [%]

$$NC_{S(t)} = \left[1 + \frac{(CF_{S(t)} \times GD_{S(t)})}{100} \right] NC_{S(t-1)} \quad (7)$$

Dimana:

- NC_{S(t)} = Jumlah pelanggan sosial t [jiwa]
 CF_{S(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sektor sosial
 GD_{S(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor sosial tahun t [%]

$$NC_{P(t)} = \left[1 + \frac{(CF_{P(t)} \times GD_{P(t)})}{100} \right] NC_{P(t-1)} \quad (8)$$

Dimana:

- NC_{P(t)} = Jumlah pelanggan publik t [jiwa]
 CF_{P(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sektor publik
 GD_{P(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor publik tahun t [%]

$$NC_{I(t)} = \left[1 + \frac{(CF_{I(t)} \times GD_{I(t)})}{100} \right] NC_{I(t-1)} \quad (9)$$

Dimana:

- NC_{I(t)} = Jumlah pelanggan industri t [jiwa]
 CF_{I(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sector industri
 GD_{I(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor industri

- b. Konsumsi Energi / *Energy Consumption* (EC_(t))

$$EC_{R(t)} = \left\{ \left[1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{GD_{R(t)}}{100} \right) \right] RC_{R(t)} \right\} \quad (10)$$

Dimana:

- EC_{R(t)} = Konsumsi energi sektor rumah tangga tahun t
 E_{R(t)} = Elastisitas pertumbuhan energy sektor rumah tangga tahun t
 GD_{R(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor rumah tangga tahun t [%]

$$EC_{B(t)} = \left\{ \left[1 + \left(E_{B(t)} \times \frac{GD_{B(t)}}{100} \right) \right] RC_{B(t)} \right\} \quad (11)$$

Dimana:

- EC_{B(t)} = Konsumsi energi sektor bisnis tahun t
 E_{B(t)} = Elastisitas pertumbuhan energy sektor bisnis tahun t
 GD_{B(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor bisnis tahun t [%]

$$EC_{S(t)} = \left\{ \left[1 + \left(E_{S(t)} \times \frac{GD_{S(t)}}{100} \right) \right] RC_{S(t)} \right\} \quad (12)$$

Dimana:

- EC_{S(t)} = Konsumsi energi sektor social tahun t
 E_{S(t)} = Elastisitas pertumbuhan energi sector sosial tahun t
 GD_{S(t)} = Pertumbuhan PDRB sektor sosial tahun t [%]

$$EC_{P(t)} = \left\{ \left[1 + \left(E_{P(t)} \times \frac{GD_{P(t)}}{100} \right) \right] RC_{P(t)} \right\} \quad (13)$$

Dimana:

- EC_{P(t)} = Konsumsi energi sektor publik tahun t
 E_{P(t)} = Elastisitas pertumbuhan energi sector publik tahun t

$GD_{P(t)}$ = Pertumbuhan PDRB sektor publik tahun t [%]

$$EC_{I(t)} = \left\{ \left[1 + \left(E_{I(t)} \times \frac{GD_{I(t)}}{100} \right) \right] RC_{I(t)} \right\} \quad (14)$$

Dimana:

$EC_{I(t)}$ = Konsumsi energi sektor industri tahun t

$E_{I(t)}$ = Elastisitas pertumbuhan energi sector industri tahun t

$GD_{I(t)}$ = Pertumbuhan PDRB sektor industri tahun t [%]

c. Beban Puncak / Peak Load [MW]

$$PL_{(t)} = \frac{EC_{T(t)}}{LF \times 8760}$$

Dimana:

$EC_{T(t)}$ = Total Konsumsi energi tahun t

LF = Load Factor

D. Skenario *Business as Usual* (BAU)

Business as Usual (BAU) merupakan skenario dasar yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan kebutuhan energi mengikuti tren historis tanpa adanya intervensi kebijakan baru. Pada penelitian ini, laju pertumbuhan dihitung menggunakan parameter *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) sehingga dapat menggambarkan pertumbuhan tahunan selama periode pengamatan.

$$G = \left[\left(\frac{V_{akhir}}{V_{awal}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100\%$$

(1)

G = *Growth*

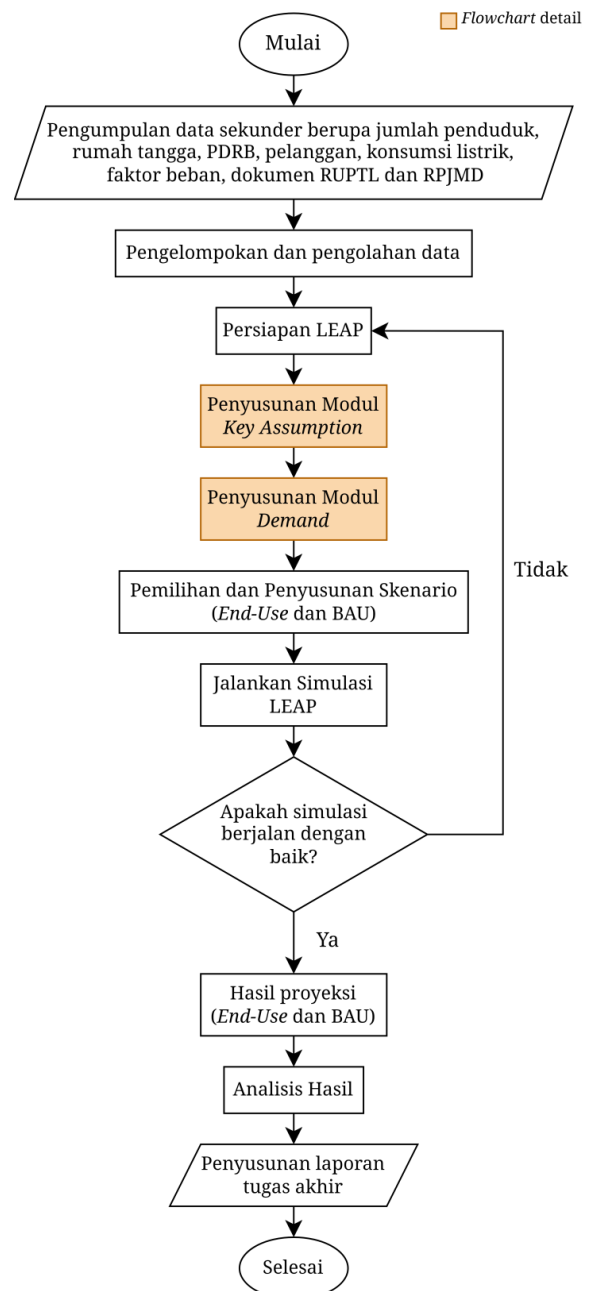
V_{akhir} = Nilai pada awal periode

V_{awal} = Nilai pada akhir periode

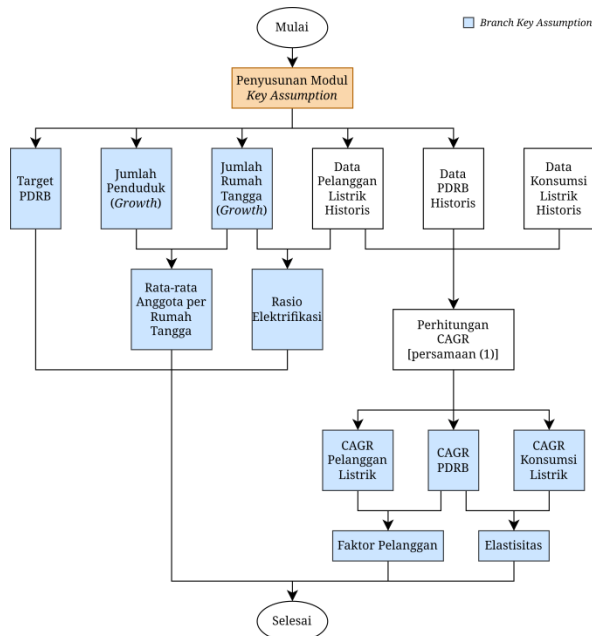
n = Jumlah tahun (periode)

III. METODE PENELITIAN

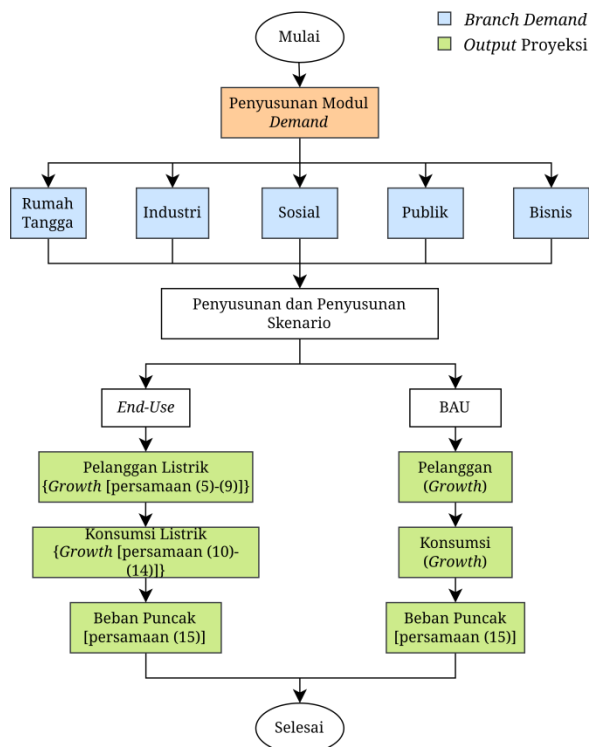
A. Diagram Alir Utama



B. Diagram Alir Modul Key Assumption



C. Diagram Alir Modul Demand



A. Parameter Proyeksi

Tabel 4.1 Parameter Proyeksi

Uraian	Satuan	2020	2021	2022	2023	2024
Penduduk	Ribu	372.133	372.857	378.764	386.555	395.291
Rumah Tangga	Ribu	115.696	121.311	124.104	127.721	131.753
Rata-rata Anggota Rumah Tangga	Orng	3,216	3,074	3,052	3,027	3,000
PDRB Total	Milliar	15.463	16.386	17.093	17.941	18.769
PDRB Industri	Miliar	5.450	5.689	5.871	6.147	6.399
PDRB Sosial	Miliar	2.689	2.842	2.873	2.998	3.177
PDRB Publik	Miliar	2.170	2.273	2.301	2.342	2.405
PDRB Bisnis	Miliar	5.153	5.581	6.047	6.454	6.787
Penjualan Listrik						
a. Rumah Tangga	MWh	286.074	293.926	301.195	337.015	366.462
b. Industri	MWh	12.893	14.441	22.645	50.655	80.670
c. Sosial	MWh	27.586	28.916	33.697	40.145	44.545
d. Publik	MWh	51.956	50.439	42.472	40.882	42.473
e. Bisnis	MWh	83.860	90.319	96.706	107.223	116.811
Pelanggan Listrik						
a. Rumah Tangga	Plg	175.634	188.859	201.010	216.983	232.539
b. Industri	Plg	144	160	177	194	216
c. Sosial	Plg	11.700	11.765	11.891	11.995	12.183
d. Publik	Plg	1.071	1.101	1.128	1.148	1.181
e. Bisnis	Plg	9.262	9.432	9.561	9.720	10.077
Rasio Pelanggan terhadap Rumah Tangga	%	151,81	155,68	161,97	169,89	176,50
Rata-rata Load Faktor		0,60				

Sumber: BPS Kota Palu (Kota Palu Dalam Angka 2021-2025); PT. PLN (Persero) UP3 Palu; Bappeda Kota Palu; Dukcapil Kota Palu, (Diolah).

Tabel 4.2 CAGR, Faktor pelanggan dan Elastisitas Energi

Sektor	CAGR	CAGR	CAGR	Faktor	Elastisitas
--------	------	------	------	--------	-------------

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

	Pelanggan	Konsumsi	PDRB	Pelanggan	Energi
Rumah Tangga	7,268	6,387	4,963	1,465	1,287
Industri	10,668	12,007	4,386	2,432	2,738
Sosial	1,016	12,727	4,254	0,239	2,991
Publik	1,592	3,891	2,607	0,920	1,447
Bisnis	2,131	8,638	7,127	0,299	1,212

Tabel 4.3 Asumsi Pertumbuhan PDRB

Tahun	Rumah Tangga (%)	Industri (%)	Sosial (%)	Publik (%)	Bisnis (%)
2025	5,120	7,700	5,120	5,120	7,700
2026	5,480	7,900	5,480	5,480	7,900
2027	5,840	8,100	5,840	5,840	8,100
2028	6,190	8,300	6,190	6,190	8,300
2029	6,550	8,500	6,550	6,550	8,500
2030	6,910	8,700	6,910	6,910	8,700
2031	6,910	8,700	6,910	6,910	8,700
2032	6,910	8,700	6,910	6,910	8,700
2033	6,910	8,700	6,910	6,910	8,700
2034	6,910	8,700	6,910	6,910	8,700

Sumber: BAPPEDA Kota Palu, RPJMD Kota Palu (diolah)

B. Proyeksi Skenario *End-Use*

Tabel 4.4 Proyeksi Pelanggan *End-Use*

Tahun	Proyeksi Pelanggan Energi Listrik Skenario <i>End-Use</i>					
	Rumah Tangga	Industri	Sosial	Publik	Bisnis	Total
2025	125.951	256	12.332	1.237	10.309	273.575
2026	129.013	306	12.493	1.299	10.552	292.222
2027	145.242	366	12.668	1.369	10.808	312.230
2028	150.038	440	12.855	1.447	11.076	333.699
2029	154.993	531	13.056	1.534	11.358	356.738
2030	160.112	643	13.272	1.631	11.653	381.463
2031	165.400	779	13.491	1.735	11.956	407.974
2032	170.862	944	13.714	1.845	12.267	436.404
2033	176.504	1.144	13.940	1.963	12.586	466.895
2034	182.333	1.386	14.170	2.088	12.914	499.602

Hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah pelanggan listrik Kota Palu meningkat dari 273.575 pelanggan menjadi 499.602 pelanggan tahun 2034.

Tabel 4.5 Proyeksi Konsumsi *End-Use*

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Skenario <i>End-Use</i> (GWh)					
	Rumah Tangga	Industri	Sosial	Publik	Bisnis	Total
2025	391	98	51	46	128	713
2026	418	119	60	49	140	786
2027	450	145	70	53	154	872
2028	485	178	83	58	169	974
2029	526	220	100	64	187	1.096
2030	573	272	120	70	206	1.241
2031	624	337	145	77	228	1.411
2032	680	417	175	85	252	1.608
2033	740	516	211	93	279	1.839
2034	806	639	255	103	308	2.110

Konsumsi energi listrik Kota Palu juga mengalami peningkatan dari 713 GWh pada tahun 2025 menjadi 2.110 GWh pada tahun 2034.

Tabel 4.6 Proyeksi Beban Puncak *End-Use*

Tahun	Beban Puncak Skenario <i>End-Use</i> (MW)
2025	136
2026	150
2027	166
2028	185
2029	208
2030	236
2031	268
2032	306
2033	350
2034	401

Begitupun proyeksi beban puncak terhadap konsumsi Kota Palu meningkat dari 136 MW pada tahun 2025 menjadi 401 MW pada tahun 2034.

C. Proyeksi Skenario *Business as Usual* (BAU)

Tabel 4.7 Proyeksi Pelanggan BAU

Tahun	Proyeksi Pelanggan Energi Listrik Skenario BAU					
	Rumah Tangga	Industri	Sosial	Publik	Bisnis	Total
2025	249.441	239	12.307	1.210	10.292	273.489

2026	267.57 1	265	12.43 2	1.240	10.511	292.01 9
2027	287.01 9	293	12.55 8	1.271	10.735	311.87 6
2028	307.88 1	324	12.68 6	1.302	10.964	333.15 7
2029	330.25 9	359	12.81 5	1.335	11.197	355.96 4
2030	354.26 4	397	12.94 5	1.368	11.436	380.40 9
2031	380.01 3	439	13.07 7	1.401	11.680	406.61 0
2032	407.63 4	486	13.21 0	1.436	11.928	434.69 4
2033	437.26 2	538	13.34 4	1.472	12.183	464.79 8
2034	469.04 4	595	13.48 0	1.508	12.442	497.06 9

Hasil proyeksi menunjukkan bahwa jumlah pelanggan listrik Kota Palu meningkat dari 273.489 pelanggan pada tahun 2025 menjadi 497.069 pelanggan pada tahun 2034.

Tabel 4.8 Proyeksi Konsumsi BAU

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Skenario BAU (GWh)					
	Rumah Tangga	Industri	Sosial	Publik	Bisnis	Total
2025	390	90	50	44	127	701
2026	415	101	57	46	138	756
2027	441	113	64	48	150	816
2028	469	127	72	49	163	881
2029	499	142	81	51	177	951
2030	531	159	91	53	192	1.027
2031	565	178	103	55	209	1.111
2032	601	200	116	58	227	1.202
2033	640	224	131	60	246	1.301
2034	681	251	148	62	267	1.409

Konsumsi energi listrik Kota Palu juga mengalami peningkatan dari 701 GWh pada tahun 2025 menjadi 1.409 GWh pada tahun 2034.

Tabel 4.9 Proyeksi Beban Puncak BAU

Tahun	Beban Puncak Skenario BAU (MW)
2025	133
2026	144
2027	155
2028	168
2029	181

2030	195
2031	211
2032	229
2033	247
2034	268

Begitupun proyeksi beban puncak terhadap konsumsi Kota Palu meningkat dari 133 MW pada tahun 2025 menjadi 268 MW pada tahun 2034.

D. Analisa Kecukupan Sistem

Tabel 4.10 Rasio Proyeksi Pelanggan Listrik Kota Palu terhadap Proyeksi RUPTL Sulawesi Tengah

Tahun	Proyeksi End-Use Palu (MW)	Proyeksi BAU Palu (MW)	Proyeksi RUPTL Sulteng (MW)	Rasio End-Use terhadap RUPTL (%)	Rasio BAU terhadap RUPTL (%)
2025	136	133	434	31,26	30,75
2026	150	144	454	32,94	31,69
2027	166	155	525	31,60	29,57
2028	185	168	609	30,43	27,51
2029	208	181	762	27,36	23,74
2030	236	195	1.002	23,57	19,51
2031	268	211	1.296	20,71	16,31
2032	306	229	1.562	19,59	14,64
2033	350	247	1.723	20,31	14,36
2034	401	268	1.767	22,72	15,17

Rasio beban puncak skenario *End-Use* Kota Palu terhadap proyeksi RUPTL Sulawesi Tengah berada pada kisaran 19,59%-32,94%. Rasio tertinggi terjadi pada tahun 2026 sebesar 32,94%, yaitu 150 MW dari total proyeksi beban puncak Sulawesi Tengah sebesar 254 MW. Sementara rasio terendah terjadi pada tahun 2032 sebesar 19,59%, yaitu 306 MW dari total 1.562 MW proyeksi Sulawesi Tengah.

Sementara pada skenario BAU, rasio beban puncak Kota Palu terhadap proyeksi RUPTL Sulawesi Tengah berada pada kisaran 14,36%-31,69%. Rasio tertinggi terjadi pada tahun 2026 sebesar sebesar 31,69%, yaitu 144 MW dari total 454 MW proyeksi beban puncak Sulawesi

Tengah. Sedangkan rasio terendah terjadi pada tahun 2033 sebesar 14,36%, yaitu 247 MW dari total 1.723 MW proyeksi Sulawesi Tengah.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik Kota Palu menggunakan *software* LEAP menunjukkan bahwa kebutuhan listrik terus mengalami peningkatan hingga tahun 2034. Pada skenario *End-Use*, konsumsi energi listrik meningkat dari 713 GWh pada tahun 2025 menjadi 2.110 GWh pada tahun 2034, sedangkan pada skenario *Business as Usual* (BAU) meningkat dari 701 GWh menjadi 1.409 GWh. Selain itu, beban puncak pada skenario *End-Use* meningkat dari 136 MW menjadi 401 MW, sedangkan pada skenario BAU meningkat 133 MW menjadi 268 MW. Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah pelanggan, perkembangan aktivitas ekonomi, serta peningkatan kebutuhan energi listrik pada sektor rumah tangga, industri, sosial, publik dan bisnis di Kota Palu.
2. Berdasarkan analisis kecukupan terhadap proyeksi RUPTL Sulawesi Tengah tahun 2025-2034. Pada skenario *End-Use*, rasio beban puncak berada pada kisaran 19,59%-32,94%, yaitu 136-401 MW dari total 434-1.767 MW Sulawesi Tengah. Pada skenario BAU, rasio beban puncak berada pada kisaran 14,36%-31,69%, yaitu 133-268 MW dari total 434-1.767 MW Sulawesi Tengah. Berdasarkan nilai tersebut, proyeksi kebutuhan listrik Kota Palu hingga tahun 2034 masih dapat dipenuhi oleh sistem interkoneksi Sulawesi Bagian Selatan (Sulbagsel) karena masih berada di bawah proyeksi kebutuhan listrik Sulawesi Tengah pada RUPTL 2025-2034.

B. Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan studi proyeksi kebutuhan listrik daerah bagi kalangan akademisi maupun peneliti selanjutnya. Untuk pengembangan penelitian berikutnya, proyeksi kebutuhan listrik dapat disempurnakan dengan menggunakan periode data historis yang lebih panjang atau memasukan variable tambahan seperti efisiensi energi, pengembangan energi terbarukan dan perubahan pola konsumsi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andre Cosirof Koloay, Hans Tumaliang, & Marthinus Pakiding. (2018). Perencanaan Dan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Bitung. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(3), 285–294.
- [2] Arifudin, M., Sholeha, F. Z., & Umami, L. F. (2021). *MA' ALIM: Jurnal Pendidikan Islam Volume 2, Nomor 2, Desember 2021*. 2, 146–160.
- [3] Badan Pusat Statistik. (2021). *Hasil Sensus Penduduk 2020 Kota Palu*. BPS Kota Palu. <https://palukota.bps.go.id/idpressrelease/2021/01/27/755/hasil-sensus-penduduk-2020-kota-palu.html>
- [4] Badan Pusat Statistik. (2025). *Kota Palu Dalam Angka 2025 Volume 25*. BPS Kota Palu
- [5] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. (2025). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah RPJMD Kota Palu Tahun 2025-2029*. BAPPEDA Kota Palu.
- [6] Badan Rencana Pembangunan Daerah. (2024). *Sektor Unggulan*. Pemerintah Kota Palu. <https://palukota.go.id/sektor-unggulan/>
- [7] Dwiyoiko, G., Sukisno, T., & Damarwan, E. S. (2020). *Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Purbalingga Tahun 2030*

Menggunakan Software Leap. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 29–40.
<https://doi.org/10.21831/jee.v4i1.32043>

- [8] PT PLN (Persero). (2025). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034*. PT PLN (Persero).
- [9] Marsudi, D. (2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. GRAHA ILMU.
- [10] Grimm, W.M. (2023). *On volatile growth: Simple fitting of exponential functions taking into account values of every observation with any signs, applied to readily calculate a novel covariance-invariant CAGR*. *The Engineering Economist*, 68(1), 34-35.
<https://doi.org/10.1080/0013791X.2023.2179708>
- [11] Masus, Y. A., Tarigan, B. V, Bale, J. S., Studi, P., & Mesin, T. (2019). *Analisis Kebutuhan Energi di Universitas Nusa Cendana Tahun 2018-2050 Menggunakan Perangkat Lunak Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP)*. 06(01), 1–12.
- [12] Muliawandana, G., Priatna, E., & Usrah, I. (2019). *Proyeksi Kebutuhan Dan Penyediaan Energi Listrik Di Kabupaten Kuningan Menggunakan Perangkat Lunak Leap Dengan Metode End Use*. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 1(1), 19–24.
<https://doi.org/10.37058/jeee.v1i1.1192>
- [13] Rajagukguk, A. S. F., Pakiding, M., & Rumbayan, M. (2015). *Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado*. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(3), 1–11.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdanekom/article/view/7972>