

**PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI
LISTRIK APJ KOTA YOGYAKARTA TAHUN
2021-2040 MENGGUNAKAN *SOFTWARE LEAP***

Jurnal

Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai
derajat Sarjana



Oleh:

**CHATRASYAH BIMANDITA MAHENDRA
1800022100**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Jurnal

**PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK APJ KOTA
YOGYAKARTA TAHUN 2021-2040 MENGGUNAKAN *SOFTWARE LEAP***

yang diajukan oleh

Chatrasyah Bimandita Mahendra

1800022100

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan

telah disetujui untuk submit ke jurnal JTE oleh :

Pembimbing,



Ahmad Raditya Cahya Baswara, S.T., M.Eng.

NIPM. 199220601 201810 111 1299682

Yogyakarta, 4 Juni 2024

Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Apj Kota Yogyakarta Tahun 2021-2040 Menggunakan *Software Leap*

Ahmad Raditya Cahya Baswara¹ Chatrasyah Bimandita Mahendra^{2*}

¹Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

²Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

*chatarsyah1800022100@webmail.uad.ac.id

Abstrak— *Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP)* merupakan alat pemodelan dengan skenario terpadu berbasis pada lingkungan dan energi. LEAP mampu merangkai skenario untuk berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Untuk membangkitkan dan menyalurkan energi listrik secara ekonomis maka harus dibuat perencanaan atau prakiraan jauh sebelum kebutuhan energi listrik itu sendiri terjadi. Untuk itu prakiraan kebutuhan energi listrik perlu diadakan sebagai salah satu pedoman perencanaan pengembangan industri listrik. Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data konsumsi energi listrik 2015-2017, data pelanggan 2015-2017, dan data PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) 2010-2020 Kota Yogyakarta. Sistem pengujian perangkat lunak LEAP dilakukan dengan 3 data tersebut yang kemudian dihitung secara manual untuk memperoleh nilai pertumbuhan dari sektor rumah tangga, usaha, industri, dan umum. Hasil pengujian dari perangkat lunak LEAP periode 2021-2040 dari sektor rumah tangga diperoleh total 9.045,7 GWh, sektor usaha sebesar 36.489,5 GWh, sektor industri permintaan energi listrik sebesar 455 GWh, dan sektor umum permintaan energi listrik sebesar 6.333,5 GWh. Elastisitas energi Kota Yogyakarta menunjukkan angka rata-rata 1,07%, angka ini tergolong tidak efisien dan boros dalam pemanfaatan energi listrik khususnya. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sektor perumahan sangat memungkinkan untuk direalisasikan di wilayah Kota Yogyakarta, karena bisa mengurangi intensitas energi untuk menjadi efisien.

Kata Kunci—LEAP, Prakiraan Konsumsi Energi, Energi Listrik, PT. PLN APJ Kota Yogyakarta, Metode Gabungan.

DOI: 10.22441/jte.20xx.vxxx. xxx

I. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya taraf pertumbuhan penduduk maka pembangunan di kota Yogyakarta juga semakin tinggi terutama pada sektor perumahan. Maka dari itu, kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan, selain energi listrik yang dipergunakan sebagai kebutuhan penerangan, namun juga digunakan untuk aktivitas ekonomi masyarakat. Untuk mencegah ketidakseimbangan antara ketersediaan dan penggunaan energi listrik maka dibutuhkan perhitungan yang harus sesuai.

Kecenderungan yang terjadi saat ini, peningkatan kebutuhan energi listrik tidak seiring dengan peningkatan ketersediaan energi listrik, dimana kapasitas daya terpasang

masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat semakin tinggi seiring dengan meningkatnya jumlah masyarakat dan aktifitas masyarakat seperti melakukan aktivitas ekonomi atau hanya menjadi penerang. Dampak yang ditimbulkan yaitu seringnya terjadi pemadaman aliran listrik secara tiba-tiba maupun bergilir. Dengan menggunakan perangkat lunak LEAP ini diharapkan mendapatkan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi listrik yang baik di masa mendatang.

Untuk membangkitkan dan menyalurkan energi listrik secara ekonomis maka harus dibuat perencanaan atau prakiraan jauh sebelum kebutuhan energi listrik itu sendiri terjadi. Untuk itu prakiraan kebutuhan energi listrik perlu diadakan sebagai salah satu pedoman perencanaan pengembangan industri listrik.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membahas tentang prakiraan kebutuhan energi listrik Apj Kota Yogyakarta Tahun 2021-2040 Menggunakan *Software Leap*. LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning system*) adalah perangkat lunak yang luas dan menyeluruh dalam merencanakan energi, dengan kata lain aplikasi ini lebih komplit dari segi fitur dan lebih banyak digunakan dari aplikasi sejenis lainnya seperti CCP (*Cities for Climate Protection*), XL COMPEED, dan ENPEP (*The Energy and Power Evaluation Power*). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Kuantitatif dengan melakukan pengumpulan data pelanggan, konsumsi energi listrik, daya terpasangan, dan data PDRB di wilayah PT.PLN(PLN) Apj Kota Yogyakarta.

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Merupakan sumber kepustakaan sebagai landasan dalam menganalisa pembahasan yang akan dibuat dalam penyusunan tugas akhir. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di Badan Pusat Statistika (BPS) Kota Yogyakarta dan PT.PLN (Persero) APJ Kota Yogyakarta.

2. Pengelompokan dan Pengolahan Data

Dalam tahap ini, data yang sudah dikumpulkan akan dilakukan pengelompokan terlebih dahulu. Data tersebut akan dibagi menjadi 4 sektor, yaitu sektor rumah tangga, sektor usaha, sektor industri, dan sektor umum. Kemudian semua sektor tersebut diolah menggunakan rumus sebelum dimasukkan ke dalam perangkat lunak LEAP, yang dimana jika masih ada kekurangan data perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap data awal.

Dan jika data sudah cukup maka siap untuk pemrosesan didalam perangkat lunak LEAP.

3. Pembuatan Model

Pada penelitian ini pemodelan proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik ini dengan menggunakan perangkat lunak *Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP)*.

4. Pemodelan Asumsi Kunci

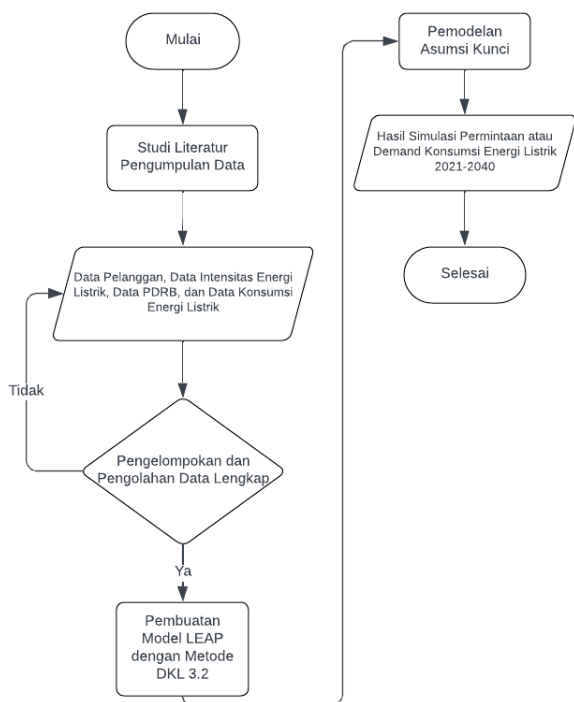
Asumsi kunci merupakan tahap utama dalam perangkat lunak LEAP, yang dimana menentukan hasil dari penelitian. Pemodelan ini berupa masukan dari data intensitas energi listrik, data pelanggan, dan PDRB. Dengan pertumbuhan yang sudah dihitung melalui perhitungan manual.

5. Hasil Simulasi

Merupakan proses akhir dalam penelitian ini, dimana hasil yang keluar berupa data pertumbuhan intensitas energi, data pelanggan, dan PDRB.

A. Flowchart

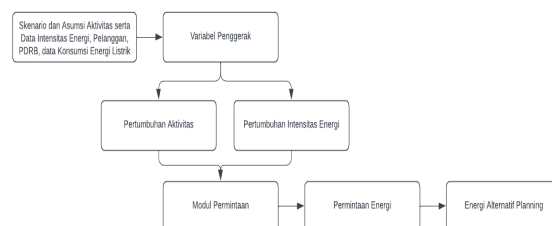
Penelitian ini menggunakan flowchart yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1 . Flowchart

B. Bagan Simulasi

Simulasi penelitian ini menggunakan metode yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2 . Bagan Simulasi

Dalam bagan tersebut dijelaskan bahwa skenario dan asumsi data intensitas aktivitas dan energi dimasukkan ke variabel penggerak kemudian menghasilkan pertumbuhan tingkat aktivitas serta pertumbuhan intensitas energi, hasil tersebut dimasukkan ke modul permintaan yang kemudian akan menghasilkan permintaan energi yang digunakan sebagai acuan menentukan energi alternatif.

III. HASIL DAN ANALISA

1. Hasil Intensitas Energi

Intensitas energi merupakan indikator ekonomi makro untuk efisiensi energi, yaitu mengukur seberapa besar energi yang digunakan atau diperlukan per unit *output*, sehingga penggunaan energi yang lebih sedikit untuk menghasilkan suatu produk akan mengurangi intensitasnya. Berikut Tabel 1 hasil perhitungan intensitas energi Kota Yogyakarta.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Intensitas Energi Kota Yogyakarta

Sektor	Tahun		
	2015	2016	2017
Rumah Tangga	2.254,42	2.277,56	2.092,89
Usaha	17.309,74	18.182,27	18.742,93
Industri	209.489,58	206.328,76	181.453,74
Umum	23.473,33	24.638,12	23.515,68
Total	252.527,07	251.426,71	225.811,24

Pada Tabel 1 merupakan hasil perhitungan dari data pelanggan listrik kota Yogyakarta 2015 – 2017 dengan data konsumsi energi listrik kota Yogyakarta 2015 -2017 yang meliputi 4 sektor yaitu sektor rumah tangga, usaha, industri, dan umum.

Pada tahun 2015 ke 2016 intensitas energi listrik mengalami peningkatan dari semua sektor. Sedangkan pada tahun 2016 ke 2017 ada beberapa sektor yang mengalami peningkatan maupun penurunan, seperti sektor rumah tangga dan sektor industri yang mengalami penurunan, dalam ini

kemungkinan setiap tahun sektor rumah tangga dan sektor industri mempunyai pembangkit listrik alternatif yang menurunkan nilai intensitas energi listrik. Berikut tabel 2. Hasil proyeksi intensitas energi Kota Yogyakarta tahun 2021-2040.

Tabel 2. Hasil Proyeksi Intensitas Energi Kota Yogyakarta Tahun 2021-2040

Tahun	Sektor (KWh/Pelanggan)			Umum
	Rumah Tangga	Usaha	Industri	
2021	2.018,8	19.743,8	169.169,3	23.562,7
2022	1.947,3	20.798,1	157.716,6	23.609,8
2023	1.878,4	21.908,7	23.657,1	23.657,1
2024	1.811,9	23.078,7	137.084,6	23.704,4
2025	1.747,8	24.311,1	127.804,0	23.751,8
2026	1.685,9	25.609,3	119.151,6	23.799,3
2027	1.626,2	26.976,8	111.085,1	23.846,9
2028	1.568,6	28.417,4	103.564,6	23.894,6
2029	1.513,1	29.934,9	96.553,3	23.942,4
2030	1.459,6	31.533,4	90.016,6	23.990,2
2031	1.407,9	33.217,3	83.922,5	24.038,2
2032	1.358,0	34.991,1	78.241,0	24.086,3
2033	1.310,0	36.859,6	72.944,0	24.134,5
2034	1.263,6	38.827,9	68.005,7	24.182,7
2035	1.218,9	40.901,3	63.401,7	24.231,1
2036	1.175,7	43.085,4	59.109,4	24.279,6
2037	1.134,1	45.386,2	55.107,7	24.328,1
2038	1.093,9	47.809,8	51.376,9	24.376,8
2039	1.055,2	50.362,9	47.898,7	24.425,5
2040	1.017,9	53.052,2	44.656,0	24.474,4

Pada Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa sektor rumah tangga dan industri mengalami penurunan intensitas energi setiap tahun, hal ini disebabkan sektor rumah tangga dan industri penggunaan energi alternatif sudah banyak digunakan, kemudian perubahan teknologi yang semakin efisien menurunkan intensitas energi. Sedangkan pada sektor usaha dan umum mengalami peningkatan, semakin meningkatnya nilai pertumbuhan intensitas energi pada sektor ini terjadi karena masih banyak penggunaan energi yang berlebihan dan tidak efisien, selain itu juga sektor usaha dan umum merupakan sektor yang berpengaruh besar dalam aktivitas ekonomi yang menyebabkan peningkatan nilai intensitas energi.

2. Hasil Analisa dan Perhitungan Data Pelanggan

Pelanggan energi listrik adalah setiap orang yang membeli energi listrik dari pemegang izin usaha penyediaan energi listrik. Berikut Tabel yang menunjukkan hasil perhitungan persentase pertumbuhan pelanggan Kota Yogyakarta 2016-2017.

Tabel 3. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta

Sektor	Intensitas Energi(%)
Rumah Tangga	-3,54
Usaha	5,34
Industri	-6,77
Umum	0,2

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai pertumbuhan intensitas energi listrik dengan satuan akhir persen. Data ini nantinya akan diolah dalam LEAP sebagai rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor. Nilai minus dalam tabel diatas merupakan sebuah penurunan dari tahun 2015 – 2017, nilai minus tersebut bukan merupakan sebuah patokan bahwa hasil akhir nantinya juga mengalami penurunan. Nilai tersebut diperoleh karena dari data 3 tahun, pada tahun terakhir Kota Yogyakarta dalam penggunaan energi sektor rumah tangga dan industri mengalami penurunan, salah satu faktornya yaitu sudah terpasangnya energi alternatif sebagai pengganti energi listrik dari PLN.

Sedangkan faktor usaha dan umum terus mengalami peningkatan, dalam sektor tersebut masih tingginya penggunaan energi listrik PLN. Namun semakin kecilnya nilai intensitas energi tersebut maka semakin bagus negara tersebut dalam pengelolaan energi. Berikut Tabel 4 hasil proyeksi data pelanggan energi listrik Kota Yogyakarta.

Tabel 4. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta

Tahun	Pelanggan			Umum
	Rumah Tangga	Usaha	Industri	
2021	211.768	25.346	190	8.439
2022	220.832	26.973	196	8.840
2023	230.284	28.705	202	9.259
2024	240.140	30.547	209	9.697
2025	250.418	32.509	215	10.157
2026	261.136	34.596	222	10.639
2027	272.312	36.817	229	11.143
2028	283.967	39.180	236	11.671
2029	296.121	41.696	243	12.224
2030	308.795	44.373	251	12.804
2031	322.011	47.221	259	13.411
2032	335.794	50.253	267	14.046
2033	350.166	53.479	275	14.712
2034	365.153	56.913	284	15.410
2035	380.781	60.567	292	16.140
2036	397.079	64.455	302	16.905
2037	414.074	68.593	311	17.706
2038	431.796	72.997	321	18.546
2039	450.277	77.683	331	19.425
2040	469.549	82.670	341	20.346

Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa peningkatan jumlah pelanggan ini dikarenakan faktor pertumbuhan penduduk serta aktivitas ekonomi penduduk yang terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan hidup. Semakin tinggi aktivitas ekonomi maka semakin besar kebutuhan energinya. Penyebab penggunaan energi yang sangat besar pada masyarakat adalah karena kurangnya kesadaran masyarakat akan penggunaan energi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, masyarakat tidak bisa mengendalikan diri dalam penggunaan teknologi yang berkaitan dengan energi.

Bertambahnya penduduk yang mempengaruhi jumlah pelanggan sehingga meningkatkan kebutuhan dan permintaan energi listrik setiap tahunnya. Dalam pertumbuhan penduduk akan diikuti oleh pembangunan seperti tempat tinggal dan bangunan lainnya yang akan meningkatkan penggunaan energi listrik. Kecenderungan penggunaan energi listrik yang tinggi membuat persentase beberapa sektor mengalami peningkatan, hal ini di nilai tidak efisien, karena jika akan berdampak pada peningkatan elastisitas energi.

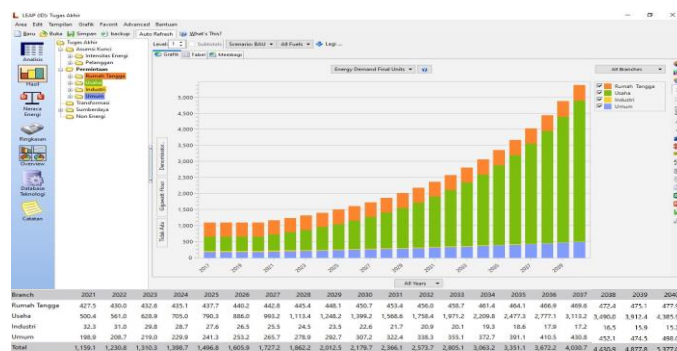
3. Hasil Konsumsi Energi Secara Keseluruhan

Hasil pengujian proyeksi konsumsi energi listrik PT. PLN Apj Kota Yogyakarta 2021-2040. Berikut Tabel 5 menunjukkan hasil proyeksi konsumsi energi listrik kota Yogyakarta tahun 2021-2040.

Tabel 5. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta

Tahun	Konsumsi Energi Listrik (GWh)	Pertumbuhan(%)
2021	1.159,1	5,9
2022	1.230,8	6,1
2023	1.310,3	6,4
2024	1.398,7	6,7
2025	1.496,8	7
2026	1.605,9	7,3
2027	1.727,2	7,5
2028	1.862,2	7,8
2029	2.012,5	8,1
2030	2.179,7	8,3
2031	2.366,1	8,5
2032	2.573,7	8,7
2033	2.805,1	8,9
2034	3.063,2	9,2
2035	3.351,1	9,4
2036	3.672,2	9,5
2037	4.040,7	9,6
2038	4.430,9	10
2039	4.877,8	10,1
2040	5.377,0	10,2

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa pertumbuhan konsumsi energi listrik Kota Yogyakarta dari tahun 2021-2040 meningkat, peningkatan ini berkisar 0,1% - 0,3% setiap tahun, dan pertumbuhan selama periode 2021-2040 sebesar 7,81%. Semua nilai yang didapatkan merupakan gabungan dari semua sektor. Peningkatan konsumsi energi Kota Yogyakarta terjadi karena pertumbuhan penduduk yang mempengaruhi pertumbuhan pelanggan energi listrik, selain itu peningkatan intensitas energi sektor umum dan usaha menjadikan jumlah konsumsi energi listrik setiap tahun mengalami peningkatan. Berikut gambar 3 merupakan hasil proyeksi konsumsi energi listrik Kota Yogyakarta 2021-2040.

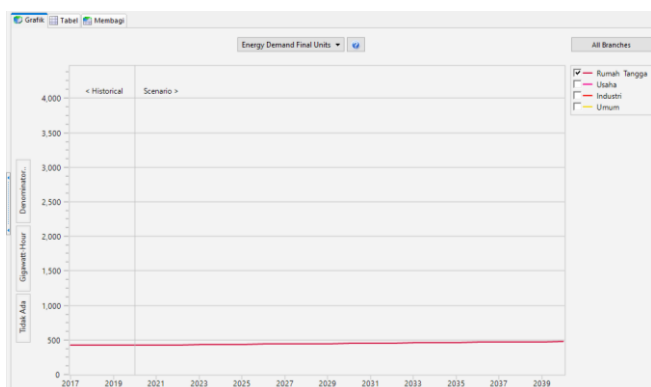


Gambar 3. Hasil Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Kota Yogyakarta 2021-2040

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil permintaan energi listrik Kota Yogyakarta tahun 2021-2040 menunjukkan adanya peningkatan total konsumsi dari tahun 2017 yang sebesar 1.094,5 GWh menjadi 5.377,0 GWh di tahun 2040. Peningkatan ini merupakan hasil akhir dari penyediaan energi listrik kota Yogyakarta hingga tahun 2040. Dalam penelitian ini semua hasil yang telah ada menggunakan skenario BaU dan DKL 3.2. Kecenderungan peningkatan dalam konsumsi energi listrik ini mengacu pada pertumbuhan pelanggan yang tinggi, akan tetapi untuk beberapa sektor seperti rumah tangga dan industri sendiri bisa mengurangi konsumsi energi listrik itu sendiri, salah satu caranya dengan menggunakan panel surya. Yang mana itu akan menjadi salah satu energi listrik alternatif di wilayah kota Yogyakarta sendiri, dilihat dari wilayah yang berupa perkotaan maka panel surya sangat memungkinkan untuk menjadikannya energi alternatif.

4. Hasil Konsumsi Energi Sektor Rumah Tangga

Konsumsi energi listrik sektor rumah tangga meliputi perumahan atau pelaku individu yang berada dalam rumah yang menggunakan energi listrik. Dalam penelitian ini berfokus pada data histori Kota Yogyakarta dalam konsumsi energi listrik pada tahun sebelumnya. Berikut Gambar 4 hasil pertumbuhan konsumsi energi sektor rumah tangga.



Gambar 4. Hasil Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Kota Yogyakarta 2021-2040 Sektor Rumah Tangga

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi sektor rumah tangga Kota Yogyakarta pada tahun 2021-2040 menggunakan perangkat lunak LEAP. Peningkatan pada hasil yang telah didapatkan merupakan hasil dari mempelajari data dan pola histori sebelumnya. Berikut Tabel 6 pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor rumah tangga Kota Yogyakarta.

Tabel 6. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta Sektor Rumah Tangga

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sektor Rumah Tangga (GWh)
2021	427,5
2022	430,0
2023	432,6
2024	435,1
2025	437,7
2026	440,2
2027	442,8
2028	445,4
2029	448,1
2030	450,7
2031	453,4
2032	456,0
2033	458,7
2034	461,4
2035	464,1
2036	466,9
2037	469,6
2038	472,4
2039	475,1
2040	477,9

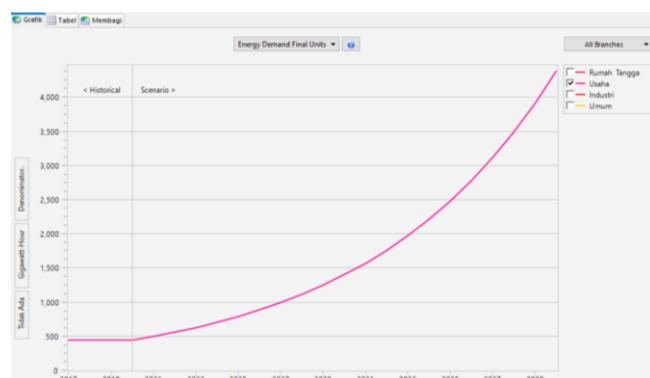
Tabel 6 dapat dijelaskan bahwa peningkatan konsumsi energi listrik sebesar 0,5% dalam periode 2021-2040. Total konsumsi energi listrik sektor rumah tangga Kota Yogyakarta 9.045,7 GWh. Konsumsi energi listrik sektor rumah tangga merupakan sebuah fungsi dari struktur dan intensitas energi. Pertumbuhan pelanggan juga

mempengaruhi penggunaan peralatan rumah tangga, yang mengakibatkan peningkatan konsumsi energi listrik.

Penggunaan energi alternatif untuk membantu dalam penyediaan energi listrik di tahun yang akan datang sangat diperlukan, karena bisa digunakan untuk mengurangi nilai elastisitas energi dalam sektor tersebut sehingga lebih efisien.

5. Hasil Konsumsi Energi Sektor Usaha

Konsumsi energi listrik sektor usaha meliputi usaha *homestay*, studio musik, kafe, dan termasuk usaha dalam skala kecil atau perumahan yang menggunakan energi listrik. Dalam penelitian ini berfokus pada data histori Kota Yogyakarta dalam konsumsi energi listrik pada tahun sebelumnya. Berikut Gambar 5 hasil pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor usaha.



Gambar 5. Hasil Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Kota Yogyakarta 2021-2040 Sektor Usaha

Pada Gambar 4.7 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi sektor usaha Kota Yogyakarta pada tahun 2021-2040 menggunakan perangkat lunak LEAP. Peningkatan pada hasil yang telah didapatkan merupakan hasil dari mempelajari data dan pola histori sebelumnya. Berikut Tabel 7 pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor usaha Kota Yogyakarta.

Tabel 7. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta Sektor Usaha

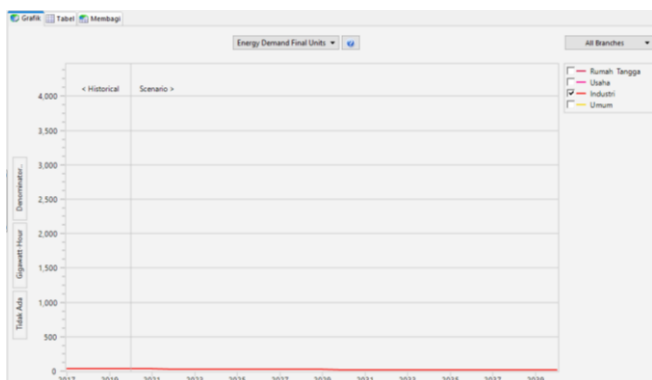
Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sektor Usaha (GWh)
2021	500,4
2022	561,0
2023	628,9
2024	705,0
2025	790,3
2026	886,0
2027	993,2
2028	1.113,4
2029	1.248,2
2030	1.399,2
2031	1.568,6

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sektor Usaha (GWh)
2032	1.758,4
2033	1.971,2
2034	2.209,8
2035	2.477,3
2036	2.777,1
2037	3.113,2
2038	3.490,0
2039	3.912,4
2040	4.385,9

Tabel 7 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi sektor usaha sebesar 1,2%, dengan total konsumsi energi periode 2021-2040 sebesar 36.489,5 GWh. Kota Yogyakarta mempunyai banyak sektor usaha, karena salah satunya memiliki universitas sehingga akan banyak berdatangan mahasiswa. Oleh karena itu banyaknya mahasiswa yang memiliki usaha kecil sampai menengah sangatlah banyak, itulah salah satu faktor yang membuat konsumsi energi sektor usaha ini meningkat. Peningkatan konsumsi energi listrik pada sektor usaha merupakan tingkat konsumsi energi listrik terbesar di Kota Yogyakarta.

6. Hasil Konsumsi Energi Sektor Industri

Konsumsi energi listrik sektor industri meliputi pabrik dalam skala besar atau kecil seperti pabrik kulit, pabrik kimia, pabrik, pabrik bangunan, dan pabrik sandang pangan yang menggunakan energi listrik. Dalam penelitian ini berfokus pada data histori Kota Yogyakarta dalam konsumsi energi listrik pada tahun sebelumnya. Berikut Gambar 6 hasil pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor industri.



Gambar 6. Hasil Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Kota Yogyakarta 2021-2040 Sektor Industri

Pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi sektor industri Kota Yogyakarta pada tahun 2021-2040 menggunakan perangkat lunak LEAP. Peningkatan pada hasil yang telah didapatkan merupakan hasil dari mempelajari data dan pola histori sebelumnya.

Dalam sektor industri di Kota Yogyakarta sudah banyak yang telah menggunakan energi alternatif seperti penggunaan PLTS. Penggunaan energi alternatif menjadikan tingkat konsumsi energi listrik yang di *supply* dari PT.PLN menjadi berkurang dan juga mengurangi pengeluaran dalam pembayaran energi listrik bulanan. Berikut Tabel 8 hasil pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor industri.

Tabel 8. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta Sektor Usaha

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sektor Industri (GWh)
2021	32,3
2022	31,0
2023	29,8
2024	28,7
2025	27,6
2026	26,5
2027	25,5
2028	24,5
2029	23,5
2030	22,6
2031	21,7
2032	20,9
2033	20,1
2034	19,3
2035	18,6
2036	17,9
2037	17,2
2038	16,5
2039	15,9
2040	15,2

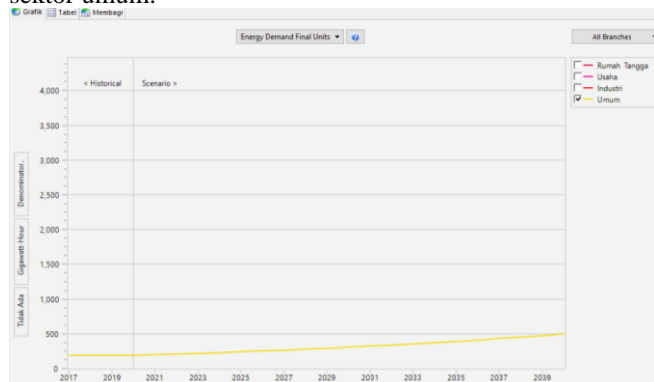
Dapat dilihat pada Tabel 8 yang menunjukkan tingkat konsumsi energi sektor industri sebesar 455 GWh. Penurunan penggunaan energi sektor industri ini di nilai cukup baik karena menurunkan nilai elastisitas energi artinya dalam penggunaan energi listrik sektor industri lebih efisien. Dibandingkan dengan sektor lainnya, pada sektor industri ini mengalami penurunan yang cukup signifikan karena data awal yaitu pada periode 2015-2017. Namun, jika lebih didalami banyak industri yang sudah menggunakan energi alternatif untuk membantu pengurangan dalam penggunaan energi listrik dan pengurangan terhadap pengeluaran biaya operasional. Energi alternatif yang digunakan seperti PLTS, karena sangat memungkinkan dalam penggunaannya. Selain itu ada energi listrik yang dihasilkan menggunakan biomassa, energi alternatif ini masih jarang dijumpai karena biaya yang

digunakan cukup mahal seperti gasifikasi biomasa, dan hanya ada beberapa prototipe yang dikembangkan.

Efisiensi penggunaan energi terbarukan lebih baik dibandingkan menggunakan energi listrik yang didapatkan dari PT.PLN, akan tetapi masih jarang dalam penggunaan energi terbarukan karena setiap wilayah mempunyai energi terbarukan yang berbeda-beda. Tidak hanya itu, seperti PLTS yang cukup mahal dalam pemasangan menjadi salah satu alasan mengapa lebih banyak yang menggunakan energi listrik dari PT.PLN.

7. Hasil Konsumsi Energi Sektor Umum

Konsumsi energi listrik sektor umum meliputi rumah sakit, perpustakaan umum, universitas, dan instansi pemerintahan yang menggunakan energi listrik. Dalam penelitian ini berfokus pada data histori Kota Yogyakarta dalam konsumsi energi listrik pada tahun sebelumnya. Pada sektor umum tingkat konsumsi energi listrik bisa dinilai stabil, hal ini dapat dilihat bahwa pertumbuhan penggunaan energi listrik sektor umum mengalami peningkatan konsisten sehingga hasil yang didapatkan setiap tahun juga konsisten. Alat-alat pada jalan raya seperti lampu penerangan jalan dan lampu lalu lintas juga masuk dalam sektor umum, hal ini karena dalam penggunaannya bersifat umum artinya semua kalangan bisa menggunakannya. Berikut Gambar 7 menunjukkan hasil pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor umum.



Gambar 7. Hasil Proyeksi Konsumsi Energi Listrik Kota Yogyakarta 2021-2040 Sektor Umum

Pada gambar 7 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi sektor umum Kota Yogyakarta pada tahun 2021-2040 menggunakan perangkat lunak LEAP. Peningkatan pada hasil yang telah didapatkan merupakan hasil dari mempelajari data dan pola histori sebelumnya. Berikut Tabel 9 pertumbuhan konsumsi energi listrik sektor umum Kota Yogyakarta. Hasil Pertumbuhan Konsumen Energi Listrik Sektor Umum Kota Yogyakarta Menggunakan LEAP.

Tabel 9. Hasil Proyeksi Pertumbuhan Konsumsi Energi Kota Yogyakarta Sektor Umum

Tahun	Konsumsi Energi Listrik Sektor Umum (GWh)
2021	198,9
2022	208,7
2023	219,0
2024	229,9
2025	241,3
2026	253,2
2027	265,7
2028	278,9
2029	292,7
2030	307,2
2031	322,4
2032	338,3
2033	355,1
2034	372,7
2035	391,1
2036	410,5
2037	430,8
2038	452,1
2039	474,5
2040	498,0

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik sektor umum sebesar 6.333,5 GWh. Dalam sektor umum ini terdiri dari bangunan pemerintahan, universitas, sekolah tinggi, layanan publik, rumah sakit. Beberapa sektor umum tersebut sudah menggunakan energi alternatif seperti PLTS, namun masih cukup banyak juga yang belum menggunakannya sehingga kecenderungan penggunaan energi listrik masih cukup tinggi.

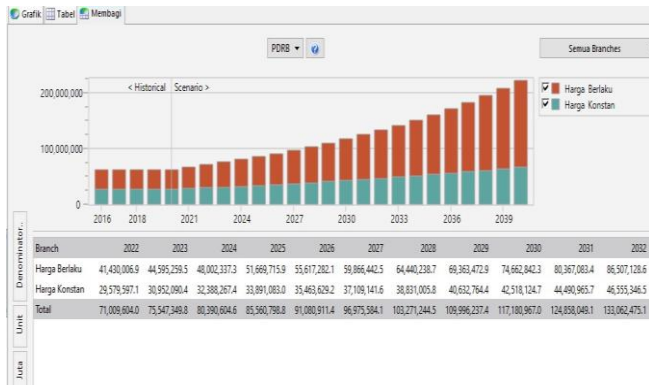
Tingginya penggunaan energi listrik dalam sektor umum ini membuat tingkat elastisitas tinggi dan tidak efisien, walaupun penggunaan energi alternatif sudah ada namun belum cukup untuk membantu mengurangi penggunaan energi listrik dari PLN.

8. Hasil Elastisitas Energi

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah jumlah nilai tambah bruto yang timbul dari seluruh sektor perekonomian suatu wilayah. Tujuan perhitungan PDRB untuk membantu membuat kebijakan suatu daerah atau perencanaan, evaluasi hasil pembangunan, memberikan informasi yang dapat menggambarkan perekonomian suatu daerah.

Elastisitas energi adalah perbandingan antara peningkatan konsumsi energi dan peningkatan produk atau produksi. Elastisitas energi juga dapat dipahami sebagai perbandingan antara laju kenaikan konsumsi listrik dan laju pertumbuhan ekonomi. Semakin rendah indeks elastisitasnya

maka semakin efisien konsumsinya. Berikut Gambar 8 menunjukkan hasil proyeksi pertumbuhan PDRB menggunakan LEAP.



Gambar 8. Hasil Proyeksi PDRB Kota Yogyakarta 2021-2040

Dari Gambar 8 pertumbuhan PDRB (berlaku) Kota Yogyakarta berkisar 7,6% - 7,7%, hal ini terjadi karena dalam 10 tahun terakhir rata-rata sebesar 7,64%. Sedangkan pertumbuhan PDRB (konstan) berkisar 4,6% - 4,7%, sama seperti PDRB (berlaku) pada PDRB (konstan) terjadi karena dalam 10 tahun terakhir rata-rata sebesar 4,64%. Nilai pada gambar diatas memiliki satuan juta.

PDRB (berlaku) menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga pada tahun berjalan dan digunakan untuk mengetahui kemampuan sumber daya ekonomi, pergeseran, dan struktur ekonomi suatu daerah. Sedangkan PDRB (konstan) menunjukkan nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai tahun dasar dan digunakan untuk mengetahui pertumbuhan ekonomi secara riil dari tahun ke tahun atau pertumbuhan ekonomi yang tidak dipengaruhi oleh faktor harga. Berikut Tabel 10 menunjukkan hasil perhitungan elastisitas energi Kota Yogyakarta.

Tabel 10. Hasil Proyeksi Elastisitas Energi Kota Yogyakarta 2021-2040

Tahun	Konsumsi Energi		PDRB(Berlaku) Kota Yogyakarta		Elastisitas Energi (%)
	GWh	Pertumbuhan (%)	PDRB (Juta Rp)	Pertumbuhan (%)	
2021	1.159,1	5,9	38.489.415,6	7,6	0,77
2022	1.230,8	6,1	41.430.006,9	7,6	0,8
2023	1.310,3	6,4	44.595.259,5	7,6	0,89
2024	1.398,7	6,7	48.002.337,3	7,6	0,88
2025	1.496,8	7	51.669.715,9	7,6	0,92
2026	1.605,9	7,3	55.617.282,1	7,6	0,96
2027	1.727,2	7,5	59.866.442,5	7,6	0,98
2028	1.862,2	7,8	64.440.238,7	7,6	1,02
2029	2.012,5	8,1	69.363.472,9	7,6	1,06
2030	2.179,7	8,3	74.662.842,3	7,7	1,07

Tahun	Konsumsi Energi		PDRB(Berlaku) Kota Yogyakarta		Elastisitas Energi (%)
	GWh	Pertumbuhan (%)	PDRB (Juta Rp)	Pertumbuhan (%)	
2031	2.366,1	8,5	80.367.083,4	7,7	1,1
2032	2.573,7	8,7	86.507.128,6	7,7	1,12
2033	2.805,1	8,9	93.116.273,2	7,7	1,15
2034	3.063,2	9,2	100.230.356,5	7,7	1,19
2035	3.351,1	9,4	107.887.955,7	7,7	1,22
2036	3.672,2	9,5	116.130.595,6	7,7	1,23
2037	4.040,7	10	125.002.973,1	7,7	1,29
2038	4.430,9	9,6	134.553.200,2	7,7	1,24
2039	4.877,8	10,1	144.833.064,7	7,7	1,31
2040	5.377,0	10,2	155.898.310,8	7,7	1,32

Pada Tabel 10 dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan konsumsi energi Kota Yogyakarta rata-rata berada pada angka 7,81%, sedangkan pada pertumbuhan ekonominya (berdasarkan harga berlaku) nilai rata-ratanya 7,65%. Dilihat dari perbandingan 2 parameter tersebut menghasilkan nilai rata-rata elastisitas 1,07%, angka ini mempunyai karakteristik sama seperti elastisitas energi nasional yaitu bersifat boros atau tidak efisien. Akan tetapi angka tersebut bisa dikaji lebih dalam menggunakan perbandingan dari sektor energi.

9. Potensi Tenaga Surya atau *Solar Rooftop* Skala Rumahan

Potensi adanya penggunaan panel surya skala rumahan di Kota Yogyakarta bisa untuk menurunkan tingkat elastisitas energi Kota Yogyakarta. Selain itu, dengan adanya penggunaan panel surya akan mengurangi kecenderungan dalam penggunaan energi listrik yang disediakan oleh PT.PLN. Berikut Tabel 11 menunjukkan hasil proyeksi pertumbuhan produk domestik regional bruto (PDRB).

Tabel 11. Hasil Perhitungan Daya Panel Surya Rumahan Kota Yogyakarta

Bulan	Clearness index (C)	Radiation (U)	Daya PS/Rumah/Hari (C × U × A _R × η _{ps})	Daya PS/Rumah/Bulan
Januari	0,396	4,280	2,11 kWh/Hari	65,41 kWh/Bulan
Februari	0,413	4,470	2,30 kWh/Hari	64,4 kWh/Bulan
Maret	0,438	4,590	2,50 kWh/Hari	77,5 kWh/Bulan
April	0,486	4,720	2,85 kWh/Hari	85,5 kWh/Bulan
Mei	0,534	4,730	3,14 kWh/Hari	97,34 kWh/Bulan
Juni	0,542	4,550	3,07 kWh/Hari	92,1 kWh/Bulan
Juli	0,558	4,800	3,33 kWh/Hari	103,23 kWh/Bulan
Agustus	0,561	5,250	3,67 kWh/Hari	113,77 kWh/Bulan
September	0,544	5,540	3,75 kWh/Hari	112,5 kWh/Bulan
Oktober	0,506	5,390	3,39 kWh/Hari	105,09 kWh/Bulan
November	0,438	4,710	2,57 kWh/Hari	77,1 kWh/Bulan
Desember	0,425	4,570	2,42 kWh/Hari	75,02 kWh/Bulan
Total Daya PS/Rumah/Tahun				1.068,96 kWh/Tahun

Pada Tabel 11 merupakan hasil perhitungan daya yang dihasilkan oleh panel surya untuk skala rumahan. Nilai *clearness index* merupakan ukuran atau tingkat kejernihan atmosfer dan dihitung sebagai fraksi dari radiasi matahari total aktual di permukaan bumi selama periode tertentu. Sedangkan nilai *radiation* merupakan nilai radiasi yang dihasilkan oleh matahari dalam periode tertentu di permukaan bumi.

Panel surya sebagai alat untuk memproduksi energi listrik dengan kelebihan ramah lingkungan, dan rendah biaya perawatan dan tidak menimbulkan gas emisi serta energi yang dibutuhkan tersedia di alam yakni berupa sinar matahari. Panel surya menjadi sebuah solusi untuk sumber listrik untuk melakukan penghematan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga terutama kebutuhan yang paling mendasar yaitu penerangan rumah. Pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* cocok diterapkan untuk skala rumahan dengan memanfaatkan atap sebagai ruang untuk menyerap energi sinar matahari. Sistem ini bekerja tanpa baterai dan bersamaan dengan jaringan listrik PLN, dalam sistem ini jaringan listrik PLN berperan sebagai penyalur atau penghubung arus listrik yang berasal dari panel surya yang dialirkan pada beban. Adapun faktor pertimbangan dalam pemasangan PLTS dengan sistem *on-grid* seperti lokasi memiliki akses listrik PLN 24 jam, lokasi perkotaan merupakan lokasi pemasangan ideal, semua sektor yang tertarik dalam melakukan efisiensi dan pengurangan biaya listrik bulanan, lokasi telah terpasang kWh meter Export-Import (EXIM). Dan keuntungan penggunaan PLTS dengan sistem *on-grid* penghematan listrik, peningkatan nilai properti, sumber energi yang dihasilkan bersih, mengurangi emisi gas rumah kaca, tidak ada ketergantungan pada baterai, memiliki kestabilan sistem. Oleh karena itu, PLTS dengan sistem *on-grid* dapat dijadikan referensi yang baik dalam pemasangan khususnya sektor rumah tangga.

Dalam perhitungan ini spesifikasi panel surya yang digunakan memiliki tingkat efisiensi (η_{PS}) sebesar 19%, jumlah panel surya yang digunakan adalah 4 buah dengan ukuran 1.64m x 1m setiap panel surya atau sama dengan 6,56 m² untuk nilai luasnya (A_R) dalam 4 panel surya dan setiap 1 buah panel surya memiliki 310Wp. Dari data yang dihasilkan dapat diketahui bahwa setiap rumah dapat menghemat energi listrik sebesar 1.068,96 kWh/Rumah/Tahun, artinya dapat terjadi penghematan tagihan biaya listrik. Berikut Tabel 12 hasil perhitungan daya panel surya dengan asumsi pertumbuhan penduduk sektor rumah tangga Kota Yogyakarta.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Daya Panel Surya dengan Pertumbuhan Penduduk Sektor Rumahan Kota Yogyakarta

Tahun	Pertumbuhan Pelanggan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga	Daya PS/Rumah/Tahun	Hasil (GWh)
2021	211.768	1.068,96 kWh/Tahun	226,3
2022	220.832	1.068,96 kWh/Tahun	236,0
2023	230.284	1.068,96 kWh/Tahun	246,1
2024	240.140	1.068,96 kWh/Tahun	256,7
2025	250.418	1.068,96 kWh/Tahun	267,6
2026	261.136	1.068,96 kWh/Tahun	279,1
2027	272.312	1.068,96 kWh/Tahun	291,0
2028	283.967	1.068,96 kWh/Tahun	303,5
2029	296.121	1.068,96 kWh/Tahun	316,5
2030	308.795	1.068,96 kWh/Tahun	330,0
2031	322.011	1.068,96 kWh/Tahun	344,2
2032	335.794	1.068,96 kWh/Tahun	358,8
2033	350.166	1.068,96 kWh/Tahun	374,3
2034	365.153	1.068,96 kWh/Tahun	390,3
2035	380.781	1.068,96 kWh/Tahun	407,0
2036	397.079	1.068,96 kWh/Tahun	424,4
2037	414.074	1.068,96 kWh/Tahun	442,6
2038	431.796	1.068,96 kWh/Tahun	461,5
2039	450.277	1.068,96 kWh/Tahun	481,3
2040	469.549	1.068,96 kWh/Tahun	501,9

Pada Tabel 4.12 dapat dijelaskan bahwa perhitungan yang dilakukan mengacu pada penggunaan PLTS sektor rumahan yang dianggap konstan pada perhitungan ini dan pertumbuhan penduduk, sehingga mampu menghasilkan energi listrik selain dari PLN. Dalam perhitungan ini energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bahkan mampu menyuplai energi listrik sendiri untuk tahun 2039 dan 2040, namun jika direalisasikan untuk Kota Yogyakarta khususnya sektor rumahan masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

Tingkat ekonomi dan pengetahuan masyarakat terhadap keefektifan masih menjadi faktor utama dalam penggunaan PLTS, bagi beberapa masyarakat beranggapan bahwa kemudahan untuk mendapatkan energi listrik dari PLN menjadikan kurang tertarik untuk memasang panel surya guna mendapatkan energi listrik alternatif. Faktor pemasangan panel surya yang cukup mahal juga menjadi masalah dalam realisasi Kota Yogyakarta sektor rumahan dibandingkan dengan energi listrik dari PLN yang tergolong murah.

Dalam penggunaan panel surya akan menghemat tagihan biaya listrik, karena energi listrik yang hasilkan panel surya akan membantu menutupi listrik dari PLN. Namun, kembali dalam biaya pemasangan yang cukup mahal menjadi kendala implementasi penggunaan panel surya. Pada dasarnya keuntungan penggunaan panel surya sangat membantu dari segi ekonomi kedepannya dan tingkat intensitas energi di masa mendatang.

IV. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan penelitian yang sudah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Permintaan kebutuhan energi listrik Kota Yogyakarta dari tahun 2021 hingga 2040 mengalami peningkatan dari 1.094,5 GWh menjadi 5.377,0 GWh. Pertumbuhan selama periode tersebut sebesar 7,81%.
2. Elastisitas energi Kota Yogyakarta menunjukkan angka rata-rata 1,07%, angka ini tergolong tidak efisien dan boros dalam pemanfaatan energi listrik khususnya.
3. Untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi (PDRB) sebesar 1% maka dibutuhkan pertumbuhan permintaan energi listrik sebesar 1,07%. Hal ini terjadi karena Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) berbanding lurus dengan konsumsi energi listrik.
4. Kota Yogyakarta memiliki potensi sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai penyediaan energi listrik alternatif di masa depan. Sumber energi tersebut adalah tenaga matahari dengan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sektor perumahan, karena bisa mengurangi intensitas energi untuk menjadi efisien.
5. Asumsi penggunaan PLTS sektor perumahan mendapatkan penghematan energi listrik sebesar 1.068,96 kWh/Rumah/Tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh *editor* dan *reviewer* atas segala saran dan masukan yang telah membantu dalam proses penerbitan naskah ini. Ucapan terima kasih juga kepada pihak-pihak yang telah mendukung dalam penelitian ini serta memberikan bantuan moral dan material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewayana, R. K. (2007). *Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak Leap dan Model DKL 3.2. Diponegoro University.*
- [2] Dwiyo, 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.*
- [3] Hadian, I. (2019). *ANALISIS PRAKIRAAN KEBUTUHAN BEBAN ENERGI LISTRIK JANGKA PANJANG (LONG TERM LOAD FORECASTING) UNTUK BERBAGAI SEKTOR DI PT. PLN REGIONAL JAWA BARAT* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- [4] Hidayati, D. N., & Agus Supardi, S. T. (2018). *Perkiraan Kebutuhan Konsumsi Energi Listrik Di*

Kabupaten Pati Pada Tahun 2026 Dengan Menggunakan Metode Gabungan (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

- [5] Kurniawan, E., Arsyad, M. I., & Abidin, Z. *Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kabupaten Sekadau Dengan Menggunakan Metode Gabungan. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 1(1).*
- [6] 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 (JEEE), 1(1).*
- [7] Nurjanah, I., Winardi, B., & Nugroho, A. (2016). *Prakiraan kebutuhan energi listrik tahun 2016–2020 pada Pt. Pln (persero) unit area pelayanan dan jaringan (APJ) tegal dengan metode gabungan. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 5(1), 49-55.*
- [8] Oklantama, R., & Suwitno, S. (2017). *Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Di Wilayah PT. PLN (Persero) Rayon Bangkinang Menggunakan Perangkat Lunak LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning System). Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains, 4(2), 1-8.*
- [9] Pabla, A. S. (1986). *Sistem Distribusi Daya Listrik.* Erlangga.
- [10] Sadli, M., Fuadi, W., Abdurrahman, F., Islami, N., & Ihsan, M. (2021). *Fuzzy clustering means algorithm analysis for power demand prediction at PT PLN Lhokseumawe. TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), 19(4), 1145-1151.*
- [11] Septyawan, R. (2018). *Analisis Peramalan Kebutuhan Energi Listrik PLN Area Batam Menggunakan Metode Regresi Linear.*
- [12] Setiawan, A. A., Suhono, M., Santosa, H. B., Putro, S. H., & Imardjoko, Y. U. *Studi Awal Kebutuhan Energi Listrik dan Potensi Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. energy, 2, 1.*
- [13] Subekti, M., Rahardjo, I. A., & Rosyanti, D. (2021, March). *Forecasting electrical energy demand of PT. PLN (Persero) UP3 Sukabumi using analytical, econometrics, and trends methods. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1098, No. 4, p. 042032). IOP Publishing.
- [14] Waluyo, B., & Burhanuddin, H. (2013). *Perencanaan Penyediaan Energi Di Wilayah Lampung Menggunakan Perangkat Lunak Long-Range Energy Alternatives Planning System (Leap). Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 1(2).*