

Simulasi Potensi Sampah Provinsi DKI Jakarta sebagai Sumber Energi Berkelanjutan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

Simulation of Waste in DKI Jakarta Province as a Sustainable Energy Resource via Waste-to-Energy Power Plants (PLTSa)

Muhammad Arif¹, Ichsan², Leonard Lisapaly³, Syamsyarief Baqaruzi⁴

^{1,2,3} Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo No 2. Jakarta 13630, Indonesia

⁴ Program Studi S1 Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu Lampung Selatan 35365, Indonesia

email: *¹arif.unila@gmail.com, ²ichsan.ichsan@uki.ac.id, ³leonard.lisapaly@uki.ac.id,

⁴syamsyarief.baqaruzi@el.itera.ac.id

Informasi Artikel

Diajukan, 22 April 2025

Diterima, 25 Mei 2025

Diterbitkan, 10 Juni 2025

Kata Kunci :

Sampah organik, energi terbarukan, PLTSa, regresi linier, prediksi kapasitas listrik

Keyword :

Renewable energy, waste-to-energy plants, linear regression, electrical capacity forecasting

ABSTRAK

Pemanfaatan sampah sebagai sumber energi terbarukan menjadi salah satu solusi strategis untuk mengatasi permasalahan sampah dan mendukung transisi energi bersih, khususnya di wilayah metropolitan seperti DKI Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi potensi kapasitas listrik yang dapat dihasilkan melalui pengolahan sampah organik menggunakan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan analisis regresi linier berganda berdasarkan data historis tahun 2011–2023, meliputi jumlah penduduk, volume timbunan sampah harian, dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) harga berlaku. Simulasi dilakukan untuk memproyeksikan kapasitas daya listrik dari tahun 2024 hingga 2043 dengan mempertimbangkan bahwa hanya 53% dari total timbunan sampah merupakan sampah organik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitas daya listrik harian pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 1.652,87 kW dan meningkat hingga 2.766,24 kW pada tahun 2043. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk dan volume sampah, serta didukung efisiensi sistem insinerasi sebesar 80% dan efisiensi generator 90%. Studi ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan teknis dan prediktif dapat memperkuat validitas perencanaan sistem PLTSa jangka panjang untuk mendukung target energi berkelanjutan di Indonesia.

ABSTRACT

One way to solve the problem of waste and help the switch to clean energy is to use trash as a green energy source. This is especially important in big cities like DKI Jakarta. This study seeks to assess the potential energy capacity that may be generated from organic waste processing utilizing Waste-to-Energy Power Plant (PLTSa) technology. The employed methodology is a descriptive quantitative technique utilizing multiple linear regression analysis, grounded in historical data from 2011 to 2023, encompassing population metrics, daily waste generation volumes, and Gross Regional Domestic Product (GRDP) at current prices. Simulations were performed to forecast electrical capacity from 2024 to 2043, taking into account that only 53% of total garbage creation consists of organic waste. The simulation findings indicate that the daily power capacity is projected to attain 1,652.87 kW in 2024 and escalate to 2,766.24 kW by 2043. The rise is attributed to population growth and increased waste volume, bolstered by an incineration system efficiency of 80% and a generator efficiency of 90%. This study verifies that the amalgamation of technical and predictive methodologies can enhance the credibility of long-term PLTSa system planning to facilitate sustainable energy objectives in Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Ketenagalistrikan No. 30 Tahun 2009, Indonesia diamanatkan untuk memastikan ketersediaan listrik yang terjangkau, berkelanjutan, dan berkualitas. Pada 2025, pemerintah menargetkan bauran energi terbarukan sebesar 23%, dengan komposisi sebagai berikut: Batu bara (55%), Gas alam (22%) Bahan bakar cair (0,4%) dan Energi Baru Terbarukan (23%)[1][2]. Namun, realisasi hingga 2023 menunjukkan EBT hanya berkontribusi 14,5% dari total energi primer[3], sementara batu bara mendominasi 65%. Pertumbuhan kebutuhan listrik nasional 6,9% per tahun dan proyeksi kapasitas tambahan 170 GW (2019–2038) memicu ketergantungan pada sumber fosil, terutama untuk sektor industri (35%), rumah tangga (28%), dan transportasi (20%)[4], [5]. Peralihan mendasar dari dominasi bahan bakar fosil ke energi terbarukan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan seperti kondisi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Tahun 2016 jumlah timbulan sampah di Indonesia mencapai 65.200.000 ton per tahun dengan penduduk sebanyak 261.115.456 orang[6].

Proyeksi penduduk Indonesia menunjukkan angka penduduk yang terus bertambah dan tentunya akan meningkatkan jumlah timbulan sampah. Harus dilakukan suatu upaya agar Target SDGs 12.5 yang menyatakan negara secara substansial mengurangi timbulan sampah melalui pencegahan, pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali dapat dicapai[7]. Langkah pemerintah tertuang dalam Pepres 97 Tahun 2017 yang menargetkan pengurangan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga sebesar 30% dan penanganannya sebesar 70%. Pada tahun 2030 setiap negara secara substansial mengurangi timbulan sampah melalui pencegahan, pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali[8]. Hal ini merupakan target *Sustainable Development Goals* (SDGs) untuk dapat menjamin pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan (SDGs target 12.5)[9]. Hal ini sejalan dengan target pengurangan dan penanganan sampah rumah tangga (SRT) dan sampah sejenis sampah rumah tangga (SSRT) pada Peraturan Presiden (Pepres) Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan SRT dan SSRT.

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Provinsi DKI Jakarta menghasilkan 11,25 juta ton timbulan sampah selama periode 2019-2022. Sepanjang 2022, Provinsi DKI Jakarta memproduksi 3,11 juta ton timbulan sampah, terbanyak keempat di Indonesia. Volume timbulan sampah tersebut naik tipis 0,97% dibanding 2021, tetapi menjadi level tertinggi dalam empat tahun terakhir. Jakarta Timur mendominasi volume timbulan sampah di Provinsi DKI Jakarta tahun sepanjang 2019-2022. Jumlahnya mencapai 3,33 juta ton atau setara 29,6% dari total volume timbulan sampah Provinsi DKI Jakarta selama empat tahun terakhir. Berikutnya, Jakarta Selatan menempati urutan kedua wilayah dengan volume timbulan sampah terbanyak di DKI sebanyak 2,81 juta ton sepanjang 2019-2022. Lalu, posisinya diikuti oleh Jakarta Barat yang memiliki volume timbulan sampah sebanyak 2,18 juta ton. Volume timbulan sampah di Jakarta Utara tercatat sebanyak 1,96 juta ton selama empat tahun terakhir. Kemudian, Jakarta Pusat tercatat memiliki 927,89 ribu ton timbulan sampah sepanjang 2019-2022. Sementara, Kepulauan Seribu merupakan wilayah dengan volume timbulan sampah paling sedikit di Provinsi DKI Jakarta. Dalam empat tahun terakhir, hanya ada 25,49 ribu ton timbulan sampah di wilayah tersebut. Adapun SIPSN KLHK mencatat, rata rata ada sekitar 30,84 ribu ton timbulan sampah harian yang dihasilkan di DKI Jakarta sepanjang 2019-2022[10].

2. METODE PENELITIAN

Sampah dapat didefinisikan sebagai residu dari aktivitas manusia maupun alam yang keberadaannya tidak lagi memiliki nilai guna, baik secara ekonomi maupun fungsional[5]. Bahan ini umumnya tidak diinginkan lagi karena tidak dapat digunakan ulang, telah mengalami degradasi, dan berpotensi menjadi agen pencemar lingkungan, khususnya dalam konteks kualitas udara dan kelestarian ekosistem. Secara umum, sampah dipandang sebagai limbah padat yang mencakup material organik dan anorganik[11], serta dianggap tidak memiliki nilai ekonomis dan harus dikelola dengan cermat agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam beberapa kondisi tertentu, limbah masih dapat dikonversi atau dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku dalam proses produksi lainnya[12]. Secara konseptual, limbah merujuk pada substansi buangan dari aktivitas manusia maupun hewan yang dapat berbentuk gas, cair, padat, maupun lumpur[10].

Berdasarkan karakteristiknya, sampah diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah anorganik terdiri dari material padat, cenderung kering, serta sulit terurai oleh aktivitas biologis mikroorganisme, untuk sampah organik cenderung memiliki kandungan air yang lebih tinggi, umumnya berasal dari sisa-sisa aktivitas pertanian atau konsumsi domestik. Material ini memiliki rantai karbon yang relatif pendek, sehingga mudah terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme[13][8].

Upaya untuk mendapatkan estimasi yang akurat mengenai potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari limbah padat atau sampah, diperlukan pendekatan analitis yang cermat serta berdasarkan pada asumsi-asumsi teknis yang rasional. Proyeksi nilai energi harus disandarkan pada nilai kalor rata-rata (*Higher Heating Value/HHV*) yang representatif terhadap komposisi umum sampah yang dianalisis[14]. HHV tersebut dapat

diperoleh melalui pendekatan estimatif berbasis data komposisi unsur pembentuk sampah, atau secara lebih presisi melalui uji eksperimental menggunakan alat kalorimeter[15].

Signifikansi komposisi jenis sampah sangat memengaruhi karakteristik termal saat proses konversi berlangsung[16]. Apabila terdapat komposisi dominan dari suatu jenis sampah yang melebihi ambang 15–50% dari total muatan, hal tersebut dapat memberikan pengaruh yang substansial terhadap proses pembakaran, baik dari segi efisiensi maupun stabilitas temperatur. Untuk mencapai pembakaran termal yang optimal dalam sistem PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah), suhu operasi harus dijaga di atas 800 °C dengan waktu tinggal gas pembakaran minimal 2 detik untuk memastikan destruksi sempurna terhadap senyawa organik volatil[17].

Perhitungan nilai kalor dari total volume sampah yang masuk memungkinkan untuk menentukan potensi konversi energi menjadi tenaga listrik melalui generator. Di Indonesia, nilai kalor rata-rata dari sampah domestik berkisar antara 1000 hingga 2000 kilokalori per kilogram, dan dalam konteks perhitungan konservatif dapat diasumsikan nilai rerata sebesar 1500 kkal/kg. Nilai konversi energi kalor ke energi listrik berkisar 0,00116 kWh per kilokalori, sehingga total potensi energi per hari dapat dihitung sebagai hasil kali antara total massa sampah, nilai kalor rerata, dan konversi ke satuan energi listrik dengan persamaan berikut

$$E_{\text{kalor}} = m \times HHV \quad (1)$$

$$E_{\text{listrik}} = E_{\text{kalor}} \times 0,00116 \quad (2)$$

$$p \frac{E_{\text{Listrik}}}{t} \quad (3)$$

$$T > 800^{\circ}\text{C} \text{ dan } t_{\text{residensi}} > 2 \text{ detik} \quad (4)$$

Total energi kalor yang dihasilkan dari sampah dapat ditentukan dengan mengalikan jumlah massa sampah yang tersedia per hari dengan nilai kalor tinggi rata-rata (HHV) dari sampah tersebut, yang biasanya dinyatakan dalam satuan kilokalori per kilogram. Setelah didapatkan nilai total energi kalor[18], langkah selanjutnya adalah mengkonversinya menjadi energi listrik menggunakan faktor konversi standar, di mana satu kilokalori setara dengan sekitar 0,00116 kilowatt-jam energi listrik.

Mengidentifikasi hubungan antara variabel bebas (*independen*) dengan variabel terikat (*dependen*), metode regresi linier dapat digunakan sebagai pendekatan kuantitatif dalam memodelkan pola hubungan data[19]. Regresi linier sangat berguna dalam memprediksi nilai suatu variabel berdasarkan informasi variabel lainnya, dengan asumsi bahwa hubungan yang terjadi bersifat linier dan konsisten. Model regresi linier sederhana secara umum dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Y = a + bX + \varepsilon \quad (5)$$

Dimana Y adalah variabel terikat (*dependent variable*), X adalah variabel bebas (*independent variable*), a adalah konstanta (*intersep*), b adalah koefisien regresi yang menunjukkan seberapa besar perubahan pada Y akibat perubahan satu satuan pada X, dan epsilon merupakan galat dari residual model. Nilai a dan b dapat diperoleh melalui proses estimasi menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu dengan meminimalkan jumlah kuadrat selisih antara nilai observasi dengan nilai prediktif berbasis data lingkungan atau energi. Nilai koefisien hubungan jika bernilai negatif, maka akan mendekati nilai -1. Jika tidak ada hubungan, maka akan mendekati nilai 0, sementara jika dua variabel memiliki hubungan positif, maka nilai hubungannya akan mendekati 1. Tingkat antara variabel dapat dilihat pada Tabel 1.

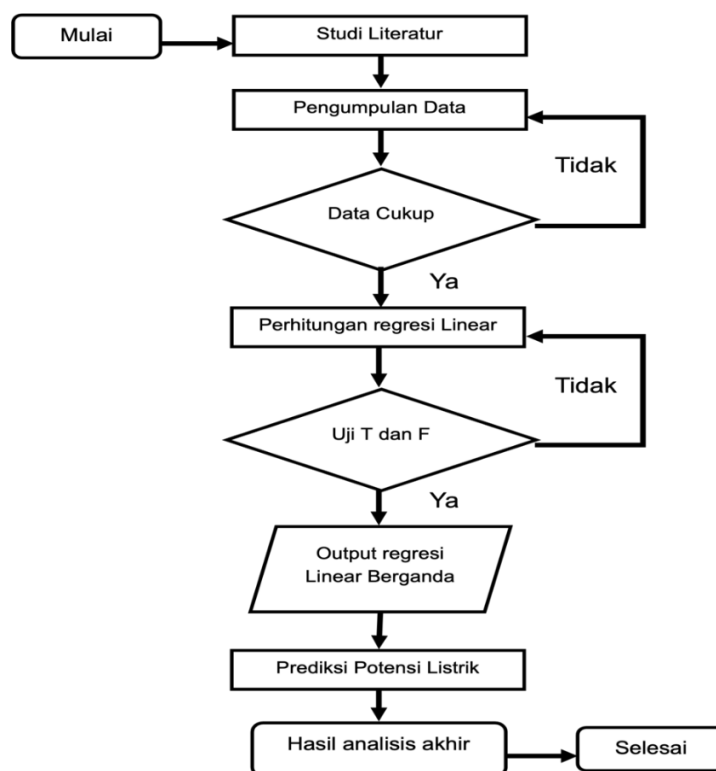
Tabel 1. Interpretasi Nilai Koefisien Korelasi (r):

Rentang Nilai r	Interpretasi
$-1,00 \leq r \leq -0,80$	Berkorelasi kuat, secara negatif
$-0,79 \leq r \leq -0,50$	Berkorelasi sedang, secara negatif
$-0,49 \leq r \leq 0,49$	Berkorelasi lemah
$0,50 \leq r \leq 0,79$	Berkorelasi sedang, secara positif
$0,80 \leq r \leq 1,00$	Berkorelasi kuat, secara positif

Tabel 2. Alur Regresi dan Korelasi

Aspek	Deskripsi
Tujuan Regresi Linier Berganda	Digunakan untuk memperkirakan permintaan/kebutuhan dalam jangka waktu tahunan.
Fungsi Regresi Linier Berganda	Persamaan digunakan untuk menentukan hubungan antara satu variabel terikat dengan dua atau lebih variabel bebas.
Keterangan Variabel	Y = variabel terikat; A = konstanta; $b_1, b_2, \dots, b_n$ = koefisien regresi; $X_1, X_2, \dots, X_n$ = variabel bebas.
Koefisien Korelasi (r) Jenis Korelasi	Digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan linier antar variabel bebas. 1) Korelasi positif: perubahan searah, 2) Korelasi negatif: perubahan berlawanan, 3) Korelasi nihil: tidak ada pola hubungan.
Interpretasi Nilai r	$-1,00 \leq r \leq -0,80$: kuat negatif; $-0,79 \leq r \leq -0,50$: sedang negatif; $-0,49 \leq r \leq 0,49$: lemah; $0,50 \leq r \leq 0,79$: sedang positif; $0,80 \leq r \leq 1,00$: kuat positif.
Koefisien Determinasi (R^2)	Digunakan untuk mengetahui seberapa besar variasi variabel Y dijelaskan oleh variabel-variabel X .
Interpretasi Nilai R^2	0: Tidak ada korelasi; >0 s.d. 0,49: lemah; 0,50: moderat; 0,51–0,99: kuat; 1,00: sempurna.
Software Pendukung	SPSS (Statistical Package and Service Solutions) digunakan untuk analisis statistik berbasis data numerik.
Uji Normalitas Data	Digunakan untuk mengecek apakah data berdistribusi normal (nilai signifikansi $> 0,05$).
Metode Uji Normalitas	Manual: Chi Square, Liliefors; SPSS: Kolmogorov-Smirnov.

Analisis dilakukan secara deduktif, yaitu dengan menurunkan kesimpulan dari teori-teori umum yang telah ada ke dalam interpretasi terhadap variabel-variabel spesifik dalam penelitian ini. Tujuan akhirnya adalah membangun suatu model prediktif yang dapat digunakan untuk perencanaan strategis jangka panjang. Penelitian ini mengadopsi metode peramalan untuk memperoleh proyeksi nilai selama dua dekade ke depan. Terdapat lima parameter utama yang dianalisis, yaitu: jumlah penduduk, volume sampah yang dihasilkan, jumlah pelanggan listrik, Produk Regional Domestik Bruto (PRDB) atas dasar harga berlaku, dan konsumsi listrik di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Seluruh data diperoleh untuk rentang waktu tahun 2011 hingga 2023, dan digunakan sebagai basis dalam membangun model prediktif melalui metode regresi linier berganda.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

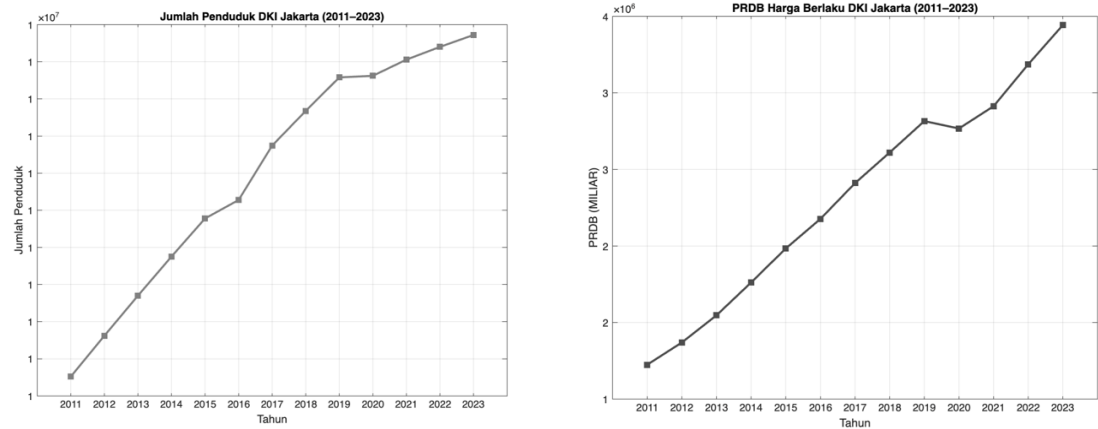
Data Penelitian untuk memprediksi kapasitas listrik yang dapat dihasilkan dari pengolahan sampah di Provinsi DKI Jakarta selama 20 tahun ke depan, yaitu mulai tahun 2024 hingga 2043. Prediksi ini didasarkan pada analisis data historis yang diperoleh dari tahun 2011 hingga 2023. Data yang digunakan meliputi jumlah penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi DKI Jakarta, data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga berlaku yang diperoleh dari Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah Provinsi DKI Jakarta, serta data volume sampah yang dihimpun dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. Seluruh data tersebut digunakan sebagai variabel utama dalam membangun model peramalan kapasitas listrik yang dihasilkan dari potensi energi limbah di wilayah tersebut.

Tabel 3. Data Penelitian

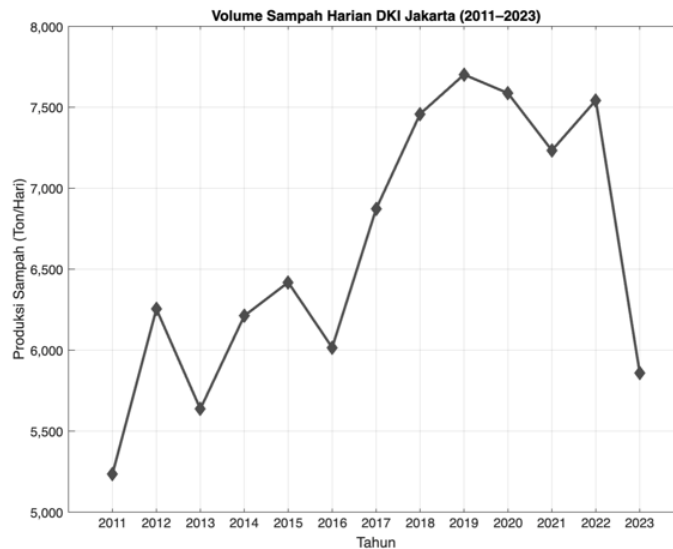
Tahun	Tahun Ke-	Volume Sampah /Hari (Ton)	PRDB (Harga Berlaku)	Jumlah Penduduk
2011	1	5235.63	1224218.48	9752100
2012	2	6254.38	1369432.63	9862100
2013	3	5636.9	1547037.77	9969946
2014	4	6212.05	1761407.06	10075310
2015	5	6419.14	1983420.52	10177924
2016	6	6016.3	2176632.85	10227628
2017	7	6872.18	2410374.39	10374235
2018	8	7458.53	2610615.02	10467629
2019	9	7702.07	2815636.16	10557810
2020	10	7587.49	2767273.49	10562100
2021	11	7233.82	2912885.34	10605681
2022	12	7543.42	3186469.91	10640007
2023	13	5858.91	3442980.93	10672100

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang terdapat pada tabel sebelumnya, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan produksi sampah, hal ini dapat dilihat dari Volume sampah yang merupakan variabel *dependent*, dari tahun 2011 hingga tahun 2023 selalu mengalami peningkatan. Peningkatan volume sampah yang dihasilkan di Provinsi DKI Jakarta setiap tahunnya terjadi karena beberapa faktor yang memengaruhi diantaranya PDRB harga berlaku dan Jumlah penduduk sebagai variabel *independent*. Untuk lebih jelasnya, data hasil penelitian digambarkan dalam bentuk grafik.

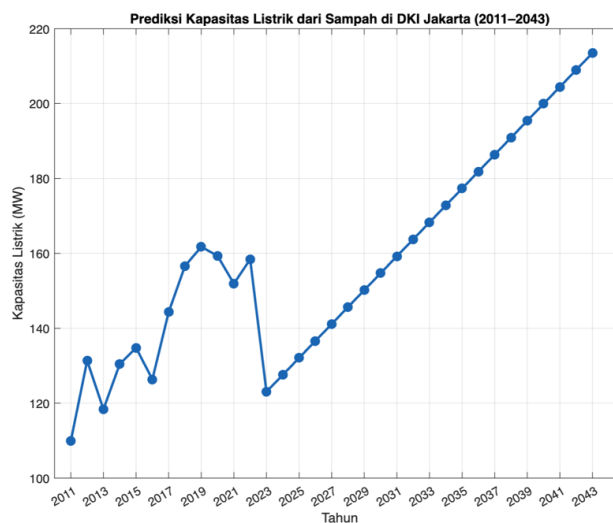


Gambar 2. Jumlah Penduduk dan PRDB DKI Jakarta 2011-2023



Gambar 3. Produksi Sampah DKI Jakarta 2011-2023

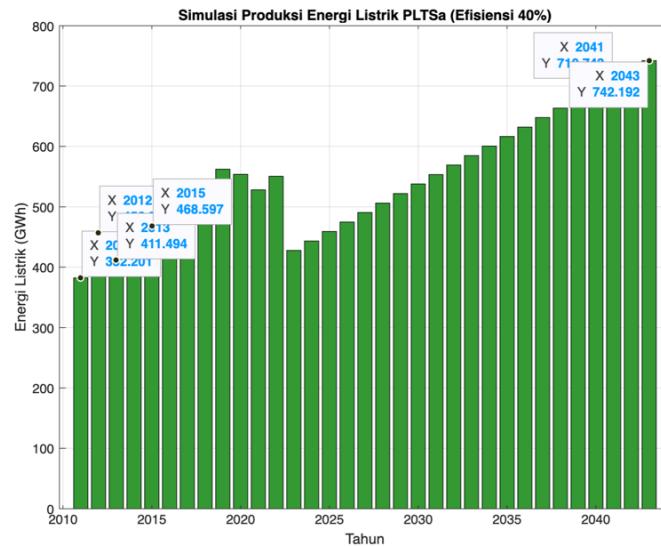
Berdasarkan data hasil penelitian yang terdapat gambar diatas dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan produksi sampah, hal ini dapat dilihat dari Volume sampah yang merupakan variabel *dependent*, dari tahun 2011 hingga tahun 2023 dapat terlihat pertumbuhan produksi sampah dari tahun 2011 s.d 2023. Produksi sampah tertinggi terjadi pada tahun 2019 yaitu 7.702,07 ton/hari. Sedangkan pada tahun 2019 sampai 2021 terjadi penurunan produksi sampah yaitu dari 7.702,07 ton/hari sampai 7.233,82 ton/hari dikarenakan COVID-19. Pada penelitian ini volume sampah merupakan variable *dependent* (Y).



Gambar 4. Prediksi Kapasitas PLTSa DKI Jakarta

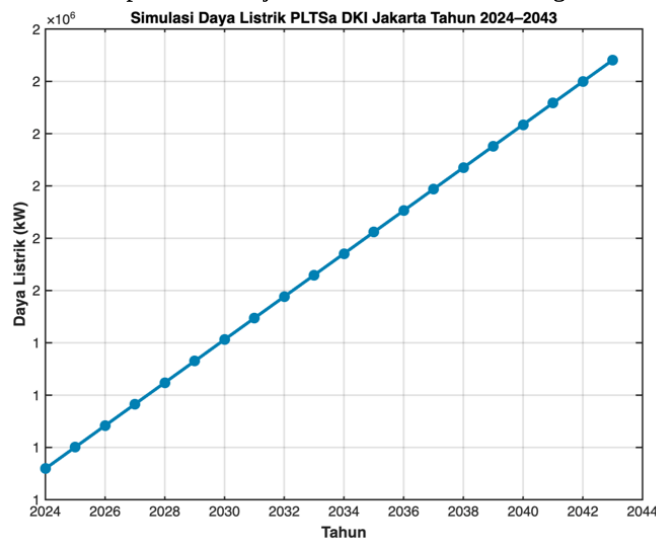
Hasil simulasi yang dilakukan terhadap potensi produksi energi listrik dari sampah di Provinsi DKI Jakarta selama periode 2011 hingga 2043, diperoleh tren peningkatan kapasitas listrik seiring pertumbuhan volume timbunan sampah. Dengan menggunakan pendekatan konversi 1 ton sampah menghasilkan sekitar 0.5 MWh listrik dan asumsi efisiensi sistem PLTSa sebesar 40%, estimasi kapasitas listrik harian yang dapat dihasilkan pada tahun 2023 adalah sebesar 123.04 MW, dengan produksi energi tahunan mencapai sekitar 1.079 GWh.

Prediksi untuk tahun 2043 menunjukkan bahwa kapasitas listrik harian dari pengolahan sampah diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 213.51 MW, dengan total produksi energi tahunan sebesar 1.871 GWh. Kenaikan ini selaras dengan tren peningkatan volume sampah harian dari 5.858 ton/hari pada tahun 2023 menjadi sekitar 10.167 ton/hari pada tahun 2043.



Gambar 5. Simulasi Produksi PLTSa DKI Jakarta

Simulasi ini menegaskan bahwa pemanfaatan sampah sebagai sumber energi memiliki kontribusi yang signifikan dalam mendukung transisi energi bersih di wilayah perkotaan padat seperti Jakarta. Selain itu, integrasi pendekatan forecasting linier terhadap parameter sosial-ekonomi seperti jumlah penduduk dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) juga memperkuat validitas proyeksi jangka panjang sistem PLTSa sebagai salah satu strategi pengelolaan sampah berkelanjutan dan diversifikasi energi terbarukan.



Gambar 6. Simulasi Daya PLTSa DKI Jakarta

Hasil yang kami peroleh berhasil mengestimasi potensi daya listrik yang dapat dihasilkan melalui pengolahan sampah organik di Provinsi DKI Jakarta menggunakan teknologi insinerasi. Tidak seluruh jenis sampah dapat diolah melalui proses pembakaran, karena hanya sekitar 53% dari total timbulan sampah merupakan sampah organik yang dapat dikonversi menjadi energi. Berdasarkan proyeksi rata-rata timbulan sampah harian selama periode 2024–2043 sebesar 8.950,64 ton/hari, diperoleh volume sampah organik sebesar 4.743.839,20 kg/hari, atau setara dengan 197.659,97 kg/jam.

Selanjutnya, perhitungan nilai kalor total dilakukan menggunakan nilai kalor rata-rata sampah organik sebesar 161,1 kJ/kg. Maka total energi panas teoritis dari pembakaran diperoleh sebesar:

$$Q_f = m \times CV = 197.659,97 \times 161,1 = 31.843.021,17 \text{ kJ/jam}$$

Dengan efisiensi proses pembakaran (η) sebesar 80%, maka energi termal yang efektif digunakan menjadi:

$$Q = \eta \times Q_f = 0,8 \times 31.843.021,17 = 25.474.416,93 \text{ kJ/jam}$$

Energi ini digunakan untuk memanaskan air menjadi uap, sehingga menghasilkan laju aliran massa uap ($\dot{m}$) berdasarkan entalpi input dan output uap sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{Q}{h_2 - h_1} = \frac{25.474.416,93}{2637,6 - 125,8} = 10.141,90 \text{ kg/jam}$$

Kemudian, daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin dihitung menggunakan keluaran kerja turbin sebesar 673,82 kJ/kg, sehingga:

$$N_{\text{efektif}} = \dot{m} \times W_t = 10.141,90 \times 673,82 = 6.833.815,06 \text{ kJ/jam}$$

Jika dikonversi ke Watt nilainya menjadi 1.89 MW. Dengan mempertimbangkan efisiensi generator sebesar 90%, maka daya listrik aktual yang dihasilkan sebesar 1.701 MW. Hasil ini menunjukkan bahwa dari proses insinerasi sampah organik sebesar 8.950,64 ton/hari, dapat membangkitkan daya listrik sebesar 1,701 MW.

4. KESIMPULAN

Simulasi yang dilakukan terhadap proyeksi volume sampah harian di Provinsi DKI Jakarta selama periode tahun 2024 hingga 2043, diperoleh hasil bahwa potensi daya listrik yang dapat dihasilkan melalui teknologi insinerasi (PLTSa) mengalami tren peningkatan seiring dengan meningkatnya timbunan sampah. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa hanya 53% dari total volume sampah merupakan sampah organik yang dapat diolah secara termal. Pendekatan menggunakan nilai kalor rata-rata sebesar 161,1 kJ/kg, efisiensi proses pembakaran sebesar 80%, dan efisiensi generator sebesar 90%, simulasi menunjukkan bahwa kapasitas daya listrik yang dihasilkan pada tahun 2024 adalah sebesar 1.652,87 kW, dan terus meningkat hingga mencapai sekitar 2.766,24 kW pada tahun 2043.

Kenaikan ini mencerminkan peningkatan signifikan dalam kontribusi energi terbarukan dari pengolahan sampah organik perkotaan. Hasil ini memperkuat argumen bahwa pemanfaatan sampah melalui teknologi PLTSa dapat menjadi solusi strategis untuk mendukung transisi energi bersih dan pengelolaan sampah yang berkelanjutan di wilayah metropolitan seperti DKI Jakarta. Namun, untuk implementasi nyata, faktor teknis, lingkungan, serta kebijakan harus dipertimbangkan secara integratif guna mengoptimalkan kapasitas dan keberlanjutan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Fierda, I. Ismail, F. N. A. Mohamad, and L. H. Nur, "Article Review: The Policy Implementation of Waste to Energy Power Plant – Pilot Project in Surabaya, Indonesia," *E3S Web Conf. 2020 1st Int. Conf. Renew. Energy Res. Chall. ICORER 2019*, vol. 190, pp. 1–6, 2020, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019000009>.
- [2] G. B. Muntoha, D. S. N. Afifah, and D. Hayuhantika, "Potensi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 115–128, doi: <https://doi.org/10.30595/jrre.v5i2.19650>.
- [3] R. R. Al Hakim, "Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan," *ANDASIH J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, Apr. 2020, doi: [10.57084/andasih.v1i1.374](https://doi.org/10.57084/andasih.v1i1.374).
- [4] G. Otiwriyanti, A. M. Fani, N. R. Yusuf, K. A. Haris, P. Alfatri, and W. Purwanta, "A study on the implementation of a circular economy in municipal solid waste management in the new capital city of Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1201, no. 1, p. 012005, Jun. 2023, doi: [10.1088/1755-1315/1201/1/012005](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012005).
- [5] J. Bai *et al.*, "Promoting decarbonization in waste and energy sectors in Delhi (India) through circular economy and resource recovery: A low carbon transition towards renewable energy," *Energy Rep.*, vol. 13, pp. 2106–2128, Jun. 2025, doi: [10.1016/j.egyr.2025.01.066](https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.01.066).
- [6] J. P. Simanjuntak, R. A. M. Napitupulu, and P. Lumbangaol, "Rancangan Fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Sampah: Studi Kasus di Kota Medan Sumatera Utara," *SPROCKET J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 84–93, Feb. 2022, doi: [10.36655/sprocket.v3i2.636](https://doi.org/10.36655/sprocket.v3i2.636).
- [7] M. Hemmati, N. Bayati, and T. Ebel, "Life cycle sustainability assessment of waste-to-electricity plants for 2030 power generation development scenarios in western Lombok, Indonesia under multi-criteria decision-making approach," *J. Build. Eng.*, vol. 95, p. 110335, Oct. 2024, doi: [10.1016/j.jobte.2024.110335](https://doi.org/10.1016/j.jobte.2024.110335).
- [8] N. P. W. Romianingsih, "Waste to energy in Indonesia: opportunities and challenges," *J. Sustain. Soc. Eco-Welf.*, vol. 1, no. 1, Jul. 2023, doi: [10.61511/jssew.v1i1.2023.180](https://doi.org/10.61511/jssew.v1i1.2023.180).
- [9] N. A. Basri, A. T. Ramli, and A. S. Aliyu, "Malaysia energy strategy towards sustainability: A panoramic overview of the benefits and challenges," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 42, pp. 1094–1105, 2015, doi: [10.1016/j.rser.2014.10.056](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.056).
- [10] B. Annisa, "Asesmen Aliran Kritis Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan di TPA Sampah," *SPECTA J. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 41–53, Nov. 2019, doi: [10.35718/specta.v1i2.80](https://doi.org/10.35718/specta.v1i2.80).
- [11] M. N. Fiqih, S. Syaiful, and R. S. Aminda, "PENEMPATAN BAK SAMPAH ORGANIK, ANORGANIK, DAN B3 DENGAN KONSEP GO GREEN PERUMAHAN BUDI AGUNG RW 03/RT 05," *J. Pengabd. Masy. UIKA Jaya Sink.*, vol. 1, no. 2, p. 71, Jul. 2023, doi: [10.32832/jpmuj.v1i2.1907](https://doi.org/10.32832/jpmuj.v1i2.1907).

- [12] B. Anggoro, A. Aprilian, and B. Halimi, "Potency of waste to energy - Bandung City case study," *Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. ICHVEPS 2017 - Proceeding*, vol. 2017-Janua, pp. 135–139, 2017, doi: 10.1109/ICHVEPS.2017.8225929.
- [13] I. Febriadi, "Pemanfaatan Sampah Organik Dan Anorganik Untuk Mendukung Go Green Concept Di Sekolah," *Abdimas Papua J. Community Serv.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–39, Feb. 2019, doi: 10.33506/pjcs.v1i1.348.
- [14] A. Gani, R. Mamat, M. Nizar, S. Yana, M. H. M. Yasin, and S. M. Rosdi, "Prospects for renewable energy sources from biomass waste in Indonesia," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 10, pp. 1–14, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100880>.
- [15] A. Dashti *et al.*, "Review of higher heating value of municipal solid waste based on analysis and smart modelling," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 151, p. 111591, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111591.
- [16] B. Alfaresi and F. Ardianto, "Desain dan Perancangan Miniatur Alat Penyaring Sampah Otomatis Berbasis PLC," *Electr. J. Rekayasa Dan Tek. Elektro*, vol. 16, no. 2, pp. 129–137, 2022.
- [17] S. A. T. Muawad *et al.*, "Waste-to-energy production of alternative energy source using landfill technology," *Proc. Int. Conf. Comput. Control Electr. Electron. Eng. 2019 ICCCEE 2019*, pp. 2–6, 2019, doi: 10.1109/ICCCEE46830.2019.9071024.
- [18] P. Jayadi, N. R. Hidayati, S. Saifulloh, S. Hamid, S. Shuib, and S. N. Ismail, "Forecasting Waste Generation with Increment Linear Regression Technique: A Case Study of SIMASKOT Application," *J. Comput. Sci. Adv.*, vol. 2, no. 5, pp. 297–306, Oct. 2024, doi: 10.70177/jzca.v2i5.1369.
- [19] J. Yang, L. Zhang, W. Wang, and Z. Qiu, "A Regression Analysis on the Effects of Factors on Plastic Waste Production," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 603, no. 1, p. 012013, Nov. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/603/1/012013.

