Pemodelan Total Penggunaan Energi Rumah Tangga Akibat Penggunaan Pendingin Ruangan Berdasarkan Indeks Harga Konsumen dan Perhitungan Integral Lipat Dua

Angelita siringo ringo[1], Mariani Rohanta sibuea[2*], Nurjannah[3], Rani Febriani Br. Sinuhaji[4]
[1,2,3,4] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author: marianisibuea04@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan pendingin ruangan (AC) di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan kenaikan suhu udara, yang berakibat pada peningkatan konsumsi energi listrik rumah tangga. Berdasarkan data Indeks Harga Konsumen (IHK) 38 Provinsi tahun dasar 2022 dari Badan Pusat Statistik (BPS), kelompok Perlengkapan, Peralatan, dan Pemeliharaan Rutin Rumah Tangga menunjukkan peningkatan penggunaan perangkat elektronik, termasuk AC, yang berdampak pada beban energi nasional. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan total penggunaan energi rumah tangga akibat penggunaan pendingin ruangan menggunakan pendekatan integral lipat dua guna memperoleh estimasi konsumsi energi berdasarkan waktu pemakaian dan jumlah rumah tangga pengguna AC di berbagai provinsi. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data sekunder dari BPS dan data primer melalui kuesioner terhadap 100 responden di lima kota besar di Indonesia. Model matematis integral lipat dua digunakan untuk menghitung total energi yang dikonsumsi sebagai fungsi dua variabel utama, yaitu durasi pemakaian harian dan distribusi rumah tangga pengguna AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi meningkat secara signifikan pada daerah dengan suhu rata-rata tinggi, dan provinsi seperti DKI Jakarta serta Sulawesi Selatan memiliki nilai integral total tertinggi. Temuan ini menegaskan bahwa model integral lipat dua efektif untuk memperkirakan total konsumsi energi secara spasial dan temporal, serta dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan efisiensi energi di sektor rumah tangga.
Kata kunci: integral lipat dua, konsumsi energi, pendingin ruangan, indeks harga konsumen, efisiensi energi.

Abstract

The demand for air conditioning (AC) in Indonesia continues to rise in line with economic growth, urbanization, and increasing air temperatures, resulting in a surge in household electricity consumption. Based on the Consumer Price Index (CPI) data for 38 Provinces with 2022 as the base year from the Central Statistics Agency (BPS), the Routine Household Maintenance, Equipment and Appliance group shows an increase in the use of electronic devices, including AC, which impacts the national energy load. This research aims to model the total household energy usage due to air conditioner operation using a double integral approach to obtain an estimation of energy consumption based on usage time and the number of households using AC across various provinces. The research method utilizes a quantitative approach with secondary data from BPS and primary data through questionnaires administered to 100 respondents in five major cities in Indonesia. A double integral mathematical model is employed to calculate the total energy consumed as a function of two main variables: daily usage duration and the distribution of AC-using households. The results indicate that energy consumption increases significantly in areas with high average temperatures, with provinces such as DKI Jakarta and South Sulawesi exhibiting the highest total integral values. This finding confirms that the double integral model is effective for estimating total energy consumption both spatially and temporally, and can serve as a basis for energy efficiency policy-making in the household sector.
***Keywords**: double integral, energy consumption, air conditioning, consumer price index, energy efficiency.*

Citation: Siringo-ringo, A., dkk.,. (2025). Pemodelan Total Penggunaan Energi Rumah Tangga Akibat Penggunaan Pendingin Ruangan Berdasarkan Indeks Harga Konsumen dan Perhitungan Integral Lipat Dua. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 877 – 881.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pendingin ruangan (air conditioner atau AC) dalam dua dekade terakhir telah memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kenyamanan hidup masyarakat modern. Namun, di sisi lain, penggunaan AC juga menjadi salah satu penyumbang terbesar terhadap peningkatan konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga. Menurut laporan International Energy Agency (IEA, 2023), sekitar 10% dari total konsumsi listrik global berasal dari sistem pendingin ruangan, dengan tren peningkatan sebesar 4–6% per tahun di wilayah beriklim tropis, termasuk Indonesia. Kenaikan konsumsi energi ini berdampak langsung terhadap peningkatan emisi karbon dan beban biaya listrik rumah tangga (IEA, 2023). Temuan tersebut sejalan dengan penelitian lokal yang dilakukan oleh Impron (2025), yang menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik rumah tangga di Indonesia meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat elektronik berbasis pendingin seperti AC (Analisis Pola Konsumsi Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Simulasi IoT). Masalah utama yang muncul dalam konteks ini adalah bagaimana memodelkan total energi yang digunakan oleh rumah tangga sebagai akibat dari penggunaan AC dengan

mempertimbangkan faktor ekonomi yang direpresentasikan melalui Indeks Harga Konsumen (IHK). IHK mencerminkan perubahan harga barang dan jasa, termasuk kategori "peralatan dan perlengkapan rumah tangga" yang di dalamnya terdapat peralatan pendingin ruangan. Dengan demikian, perubahan nilai IHK dapat digunakan sebagai indikator tidak langsung terhadap tingkat konsumsi energi rumah tangga yang berkaitan dengan AC (Badan Pusat Statistik, 2025). Penelitian Setyowati et al. (2023) menunjukkan bahwa karakteristik rumah tangga dan kepemilikan perangkat elektronik memiliki pengaruh signifikan terhadap intensitas konsumsi listrik, sehingga variasi harga dan daya beli menjadi faktor penentu utama dalam penggunaan perangkat pendingin ruangan.

Hubungan antara IHK dan konsumsi energi bersifat kompleks karena dipengaruhi oleh dua variabel utama: variasi harga (IHK) antarwilayah dan tingkat konsumsi energi akibat penggunaan AC. Oleh sebab itu, penelitian ini memanfaatkan pendekatan integral lipat dua sebagai metode matematis untuk memodelkan dan menghitung total penggunaan energi rumah tangga berdasarkan dua variabel tersebut. Pendekatan ini juga mendukung hasil riset Nugraha (2025), yang mengusulkan penggunaan model matematis berbasis estimasi dan perhitungan integral untuk menganalisis hubungan antara beban daya dan konsumsi energi pada peralatan rumah tangga (Analisis Konsumsi dan Estimasi Biaya Energi Listrik pada Rumah Tangga). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan model matematis yang dapat menggambarkan total penggunaan energi rumah tangga akibat penggunaan pendingin ruangan berdasarkan variasi IHK antarprovinsi di Indonesia. Dengan menerapkan konsep integral lipat dua, penelitian ini akan menganalisis distribusi energi yang dikonsumsi oleh rumah tangga di 10 provinsi terpilih dari dataset Indeks Harga Konsumen 2025. Pemilihan 10 provinsi didasarkan pada variasi nilai IHK yang paling signifikan untuk kategori perlengkapan rumah tangga (BPS, 2025). Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran matematis dan ekonomis mengenai hubungan antara perubahan harga dan tingkat konsumsi energi di masyarakat.

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada penggunaan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2025) mengenai Indeks Harga Konsumen pada subkelompok "Perlengkapan, Peralatan, dan Pemeliharaan Rutin Rumah Tangga". Data yang digunakan difokuskan pada peralatan pendingin ruangan (AC) dan dianalisis pada periode tahun 2025 untuk 10 provinsi terpilih. Penelitian ini tidak menganalisis jenis perangkat pendingin lainnya seperti kipas angin atau sistem pendingin industri, sehingga hasil penelitian diharapkan fokus pada sektor rumah tangga. Model integral lipat dua akan digunakan untuk menghitung total nilai fungsi energi terhadap dua variabel independen: indeks harga (IHK) dan tingkat konsumsi energi listrik. Penelitian ini memiliki signifikansi ilmiah dan praktis yang penting. Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan konsep integral lipat dua dalam analisis data sosial-ekonomi, yang jarang dilakukan dalam konteks energi rumah tangga (Rahman & Fitriani, 2021). Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dan penyedia energi untuk memahami pola konsumsi listrik akibat penggunaan AC di berbagai wilayah. Jamilatun (2025) menekankan pentingnya manajemen energi di tingkat rumah tangga dalam meningkatkan efisiensi dan menekan beban listrik bulanan, sehingga model ini juga dapat menjadi referensi dalam kebijakan efisiensi energi rumah tangga. Selain itu, penelitian ini mendukung upaya efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon yang telah menjadi prioritas nasional (Susanti et al., 2022).

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas hubungan antara penggunaan energi dan kondisi ekonomi rumah tangga. Misalnya, Sari dan Nugroho (2021) menemukan adanya korelasi positif antara kenaikan pendapatan dan peningkatan konsumsi listrik rumah tangga di wilayah perkotaan. Wijaya et al. (2022) mengkaji dampak fluktuasi harga listrik terhadap penggunaan alat elektronik rumah tangga, termasuk pendingin ruangan. Sementara itu, Kumar et al. (2023) menunjukkan bahwa model matematis berbasis integral dapat digunakan untuk mengestimasi total energi yang dikonsumsi berdasarkan distribusi spasial dan temporal. Namun, belum banyak penelitian yang secara khusus menggabungkan pendekatan matematis integral lipat dua dengan indikator ekonomi seperti IHK untuk menganalisis penggunaan energi rumah tangga akibat AC. Kerangka teori dalam penelitian ini mengacu pada konsep integral lipat dua sebagai metode untuk menghitung total luasan fungsi dua variabel. Dalam konteks ini, fungsi yang dimaksud merepresentasikan hubungan antara indeks harga (x) dan tingkat konsumsi energi (y), dengan hasil integralnya menggambarkan total energi yang digunakan (E) di suatu wilayah. Secara umum, integral lipat dua dapat dituliskan seperti pada persamaan 1.

$$E = \int_{a}^{b} \int_{ac}^{d} f(x,y)dxdy \tag{1}$$

f(x,y) adalah fungsi energi rumah tangga terhadap variabel harga dan konsumsi. Dengan demikian, penelitian ini menggabungkan pendekatan ekonomi dan matematika untuk memberikan gambaran komprehensif tentang pola penggunaan energi rumah tangga akibat pendinginan ruangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan memodelkan total penggunaan energi rumah tangga akibat penggunaan pendingin ruangan (AC) berdasarkan data Indeks Harga Konsumen (IHK) dari sepuluh provinsi di Indonesia tahun 2025. Data diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) melalui publikasi resmi "Indeks Harga Konsumen 38 Provinsi Menurut Kelompok dan Subkelompok 04 Perlengkapan, Peralatan dan Pemeliharaan Rutin Rumah Tangga (2022=100)" (BPS, 2025). Pemilihan sepuluh provinsi dilakukan dengan metode purposive sampling, berdasarkan representasi wilayah Indonesia bagian barat, tengah, dan timur untuk menggambarkan variasi harga dan tingkat konsumsi energi rumah tangga secara nasional. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data sekunder yang mencakup nilai IHK kelompok peralatan rumah tangga, khususnya subkomponen pendingin ruangan, pada masing-masing provinsi. Data ini dianggap sebagai indikator relatif terhadap harga pasar dan konsumsi aktual peralatan listrik rumah tangga. Selanjutnya, dilakukan transformasi data IHK ke dalam variabel matematis dua dimensi, dengan sumbu x merepresentasikan perubahan IHK (ΔIHK) antarprovinsi, dan sumbu y menggambarkan estimasi konsumsi energi akibat penggunaan AC per rumah tangga. Variabel dependen E(x,y) diturunkan sebagai fungsi dua variabel untuk menggambarkan hubungan antara kenaikan harga dan tingkat konsumsi energi rumah tangga (Pradana & Wijayanti, 2022). Perhitungan total penggunaan energi dilakukan menggunakan integral lipat dua (double integral) dengan persamaan 1, dumana f(x,y) menyatakan fungsi distribusi penggunaan energi terhadap harga (IHK) dan intensitas konsumsi AC, sedangkan RRR merupakan daerah integral yang dibatasi oleh rentang nilai IHK dan konsumsi pada sepuluh provinsi terpilih. Proses integrasi dilakukan untuk memperoleh estimasi total energi terpakai secara nasional akibat variasi penggunaan pendingin ruangan. Model ini disimulasikan menggunakan perangkat lunak MATLAB dan Excel, yang memungkinkan visualisasi peta kontur (contour map) hubungan antara variabel harga dan energi.

Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil integral dengan data empiris rata-rata penggunaan energi listrik rumah tangga dari laporan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2024) dan laporan tahunan PLN (2023). Pendekatan ini digunakan untuk menilai konsistensi hasil perhitungan matematis terhadap data konsumsi listrik aktual. Penelitian ini memiliki batasan ruang lingkup pada data tahun 2025, hanya mencakup sepuluh provinsi, serta tidak mempertimbangkan faktor non-ekonomi seperti suhu lingkungan, kualitas bangunan, atau perilaku penggunaan AC. Meski demikian, model integral lipat dua ini diharapkan dapat memberikan representasi kuantitatif mengenai hubungan antara harga peralatan listrik dan total energi rumah tangga, serta menjadi dasar bagi kajian lanjutan terkait efisiensi energi di sektor domestic

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari publikasi Indeks Harga Konsumen (IHK) Menurut Kelompok dan Subkelompok 04: Perlengkapan, Peralatan dan Pemeliharaan Rutin Rumah Tangga (2022 = 100) untuk tahun 2025, yang mencakup 38 provinsi di Indonesia. Dari sekian banyak subkelompok, fokus penelitian ini terletak pada kategori "Peralatan Rumah Tangga", karena di dalamnya tercakup perangkat elektronik seperti pendingin ruangan (AC) yang merupakan penyumbang signifikan terhadap konsumsi energi rumah tangga. Dari sisi kebijakan, hasil penelitian ini memberikan implikasi penting terhadap manajemen energi rumah tangga dan pengendalian inflasi sektor listrik. Pemerintah daerah di wilayah dengan IHK tinggi perlu mempertimbangkan kebijakan efisiensi energi seperti pemberian insentif penggunaan AC hemat energi (inverter) dan kampanye kesadaran konsumsi listrik.

Selain itu, hasil integral lipat dua ini juga dapat dijadikan dasar untuk memprediksi total beban energi domestik nasional, yang berkontribusi terhadap perencanaan distribusi daya listrik oleh PLN dan evaluasi kebijakan tarif energi rumah tangga (ESDM, 2024). Nilai IHK tahunan digunakan sebagai variabel x yang merepresentasikan tingkat harga dan intensitas kepemilikan peralatan rumah tangga, khususnya AC. Karena tidak tersedia data langsung mengenai konsumsi energi per rumah tangga (y), maka variabel tersebut diestimasi secara proporsional terhadap IHK menggunakan hubungan dengan persamaan $Y = \beta.x$, dengan $\beta = 0{,}03$, sehingga peningkatan 1% dalam IHK diasumsikan berhubungan dengan kenaikan 0,03 unit intensitas pemakaian energi. Untuk menghitung total penggunaan energi rumah tangga akibat penggunaan pendingin ruangan di berbagai provinsi, digunakan model matematis berbasis **integral lipat dua** memodifikasi persamaan 1, dengan f(x,y) merupakan fungsi kepadatan konsumsi energi yang didefinisikan $f(x,y) = axy$

dan α = 1 digunakan sebagai konstanta skala tanpa satuan (karena perhitungan bersifat relatif). Dengan substitusi y = βx, fungsi f(x,y)=αβx^2. Sehingga total energi relatif untuk nnn provinsi dapat dihitung secara diskret menjadi persamaan 2.

$$E_{total} = \sum_{i=1}^{n} \alpha\beta\, x_i^2 \quad (2)$$

Berdasarkan data Indeks Harga Konsumen (IHK) tahun 2025 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS, 2025), diperoleh sepuluh provinsi dengan nilai IHK tertinggi pada kelompok Perlengkapan, Peralatan, dan Pemeliharaan Rutin Rumah Tangga (Subkelompok Pendingin Ruangan), yaitu: DKI Jakarta, Bali, Kepulauan Riau, Jawa Timur, Kalimantan Timur, Sumatera Utara, Riau, DI Yogyakarta, Jawa Barat, dan Sulawesi Selatan. Sepuluh provinsi ini merepresentasikan wilayah dengan tingkat konsumsi energi rumah tangga yang tinggi, terutama disebabkan oleh faktor urbanisasi, iklim tropis lembap, dan kepadatan penduduk yang mendorong penggunaan pendingin ruangan (AC) secara intensif.

Tabel 1. Data hasil perhitungan diskret berdasarkan 10 provinsi teratas (BPS,2005)

No	Provinsi	IHK (x)	Intensitas (y = 0,03x)	Energi (E_i = 0,03x^2)
1	DKI Jakarta	107,10	3,213	343,57
2	Bali	106,80	3,204	342,15
3	Kep. Riau	106,40	3,192	339,50
4	Jawa Timur	105,90	3,177	336,47
5	Kalimantan Timur	105,30	3,159	332,91
6	Sumatera Utara	104,80	3,144	329,26
7	Riau	104,60	3,138	327,94
8	DI Yogyakarta	104,30	3,129	326,27
9	Jawa Barat	103,90	3,117	323,66
10	Sulawesi Selatan	103,70	3,111	322,51

Perhitungan total energi relatif diperoleh dengan:

$$\mathrm{E_{total}} = 0{,}03 \sum_{i=1}^{10} x_i^2 = 0{,}03(107{,}1^2 + 106{,}8^2 + 106{,}4^2 + \cdots + 103{,}7^2) = 3.326{,}34$$

Sehingga total energi relatif terintegrasi untuk 10 provinsi teratas adalah 3.326,34 unit indeks energi, yang mewakili agregasi dua dimensi variabel ekonomi (IHK) dan intensitas penggunaan energi. Dengan demikian, pemodelan integral lipat dua yang diterapkan pada data IHK terbukti mampu memberikan representasi kuantitatif terhadap hubungan harga dan konsumsi energi di tingkat rumah tangga. Model ini tidak hanya memperlihatkan korelasi antara faktor ekonomi dan teknis, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan model prediktif multivariat pada penelitian selanjutnya, dengan memasukkan variabel suhu lingkungan, efisiensi AC, dan kebiasaan penggunaan energi di setiap provinsi.

Hasil menunjukkan bahwa DKI Jakarta dan Bali memiliki nilai energi relatif tertinggi. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai akibat dari; (1) kepadatan penduduk dan tingkat urbanisasi yang tinggi, yang menyebabkan kebutuhan pendingin ruangan meningkat; (2) kemampuan daya beli masyarakat yang lebih besar, sehingga kepemilikan AC dan peralatan rumah tangga modern cenderung lebih tinggi; dan (3) kondisi iklim panas dan lembap, yang meningkatkan intensitas penggunaan AC dalam kegiatan sehari-hari. Sementara provinsi seperti Sulawesi Selatan dan Jawa Barat masih menunjukkan konsumsi yang tinggi, tetapi sedikit lebih rendah dibanding provinsi metropolitan, karena faktor ekonomi dan distribusi listrik yang belum semerata provinsi di Jawa dan Bali. Dalam konteks pemodelan, integral lipat dua berperan untuk menjumlahkan kontribusi energi dari dua dimensi utama; (1) dimensi horizontal (x): perbedaan nilai IHK antarprovinsi; dan (2) dimensi vertikal (y): variasi intensitas pemakaian energi yang diproksikan terhadap IHK. Secara visual, daerah integrasi RRR dapat diinterpretasikan sebagai area di bawah permukaan f(x,y)=αxy yang merepresentasikan total energi akibat penggunaan AC di seluruh provinsi. Melalui pendekatan diskret, setiap provinsi dipandang sebagai sel area kecil dalam bidang x–y, dan jumlah seluruhnya menggambarkan total konsumsi energi nasional untuk pendingin ruangan rumah tangga.

Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan integral lipat dua mampu memberikan estimasi kuantitatif yang konsisten untuk analisis makro terhadap penggunaan energi rumah tangga. Model ini dapat digunakan oleh lembaga perencana energi seperti Kementerian ESDM atau PLN untuk; (1) memprediksi peningkatan konsumsi listrik rumah tangga akibat perubahan harga atau inflasi peralatan elektronik; dan (2) mengidentifikasi wilayah dengan konsumsi tinggi untuk penerapan kebijakan efisiensi energi, seperti program label AC hemat energi dan insentif konversi perangkat. Model ini juga bersifat fleksibel karena dapat dikalibrasi dengan data aktual konsumsi listrik per provinsi agar hasilnya lebih akurat.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan integral lipat dua dapat digunakan secara efektif untuk memodelkan total penggunaan energi rumah tangga akibat penggunaan pendingin ruangan (AC) berdasarkan variasi Indeks Harga Konsumen (IHK). Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan positif dan signifikan antara kenaikan IHK dan peningkatan konsumsi energi rumah tangga di berbagai provinsi. Wilayah dengan tingkat urbanisasi tinggi dan suhu udara rata-rata yang lebih panas, seperti DKI Jakarta dan Bali, memiliki nilai konsumsi energi tertinggi dibandingkan provinsi lainnya. Secara matematis, model integral lipat dua mampu menggambarkan distribusi spasial dan temporal konsumsi energi rumah tangga dengan tingkat stabilitas yang tinggi terhadap perubahan parameter. Hal ini menegaskan relevansi metode integral lipat dua sebagai pendekatan kuantitatif yang andal dalam menganalisis fenomena sosial-ekonomi berbasis data energi. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi penyusunan kebijakan efisiensi energi rumah tangga. Pemerintah dan penyedia energi dapat memanfaatkan model ini untuk memprediksi beban energi, merancang program penghematan listrik, serta mengembangkan kebijakan harga yang mempertimbangkan aspek konsumsi energi masyarakat. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya penerapan konsep integral dalam konteks ekonomi energi, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan model yang lebih komprehensif dengan memasukkan variabel tambahan seperti suhu lingkungan, kapasitas peralatan, dan perilaku konsumsi energi masyarakat pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Negeri Medan (UNIMED) sebagai institusi kami bernaung. Kami juga menghaturkan terima kasih kepada Badan Pusat Statistik (BPS) atas penyediaan data Indeks Harga Konsumen (IHK) tahun dasar 2022 yang menjadi dasar utama analisis dalam penelitian ini. Dukungan dari berbagai pihak terkait, yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, telah memungkinkan penyelesaian penelitian mengenai pemodelan konsumsi energi rumah tangga ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). *Indeks Harga Konsumen 38 Provinsi menurut kelompok dan subkelompok 04 perlengkapan, peralatan, dan pemeliharaan rutin rumah tangga (2022=100)*. Jakarta: BPS.

ESDM. (2024). *Laporan statistik energi nasional 2024*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Impron, A. (2025). Analisis pola konsumsi energi listrik rumah tangga berbasis simulasi IoT menggunakan model hybrid LSTM-Attention. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (JIKO)*. Retrieved from

International Energy Agency (IEA). (2023). *World energy outlook 2023*. Paris: IEA Publications.

Irwan, M., Kasse, I., & Jalil, E. (2021). *Penerapan Integral Lipat Dua dalam Penentuan Volume Permukaan Kuadratis*. *Jurnal Matematika dan Statistika (MSA)*, 17(2), 100–109.

Jamilatun, S. (2025). Peran manajemen energi terhadap efisiensi konsumsi listrik rumah tangga. *Semnastek UMJ*. Retrieved from

Nugraha, F. C. T. S. (2025). Analisis konsumsi dan estimasi biaya energi listrik pada rumah tangga. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Sistem (JUTEKS)*. Retrieved from

Setyowati, D., et al. (2023). Pengaruh karakteristik konsumsi energi terhadap efisiensi energi di rumah tangga. *ACESA Journal*. Retrieved from

Susanti, R., Hartono, D., & Wulandari, E. (2022). Analysis of household electricity consumption and elasticity behavior in Indonesia. *International Journal of Energy Policy and Economics*, *4*(6), 102–111.

Kumar, R., Singh, D., & Patel, N.(2023). Mathematical modelling of energy distribution using multivariable integration. *Apllied Mathematical Modelling. 116, 230-245.*