Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi
Vol. 4, No. 1, Januari 2025
ISSN: 2809-9834, DOI: 10.31284/p.semtik.2025-1.6961

Deteksi Lonjakan Listrik Menggunakan Metode Diferensiasi Numerik

Amelia Zafira Karnaen, Bunga Aprilian, dan Anggraini Puspita Sari*

Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

*Penulis korespondensi. E-mail: anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

ABSTRACT

The increasing demand for energy management in residential areas necessitates efficient monitoring systems to detect power surges. Power surges, often caused by electronic devices or technical issues, can lead to equipment damage, increased costs, and safety risks. This study applies numerical differentiation to detect power surges using household electricity consumption data from the Kaggle dataset "House Power Consumption," covering the years 2006 to 2010. Data preprocessing includes cleaning, timestamp indexing, and handling missing values. Using numerical differentiation, changes in power consumption are calculated and compared against a threshold defined as two times the standard deviation. The results demonstrate the effectiveness of this method in detecting significant anomalies in power usage. Scatterplot visualizations reveal temporal patterns in power surges, emphasizing non-random occurrences often linked to household activities or specific events. This study provides insights into energy management strategies and highlights the potential of numerical methods for real-time anomaly detection in electricity consumption.

Keywords

Anomaly Detection,
Energy Management,
Numerical Differentiation,
Power Surges,
Threshold

ABSTRAK

Pengelolaan konsumsi energi listrik rumah tangga menjadi tantangan penting dalam mencapai efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi lonjakan konsumsi energi listrik menggunakan metode diferensiasi numerik. Dataset yang digunakan berasal dari data konsumsi listrik rumah tangga publik dengan parameter seperti daya aktif, daya reaktif, tegangan, dan intensitas arus. Data diolah melalui proses pembersihan, konversi tipe data, dan penanganan nilai kosong sebelum dilakukan analisis. Diferensiasi numerik diterapkan untuk menghitung perubahan konsumsi energi antar waktu, dengan ambang batas yang ditentukan berdasarkan dua kali standar deviasi dari distribusi perubahan daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lonjakan konsumsi energi tidak bersifat acak, melainkan memiliki pola temporal tertentu yang berkaitan dengan aktivitas rumah tangga. Visualisasi scatter plot memberikan wawasan penting mengenai intensitas dan distribusi lonjakan, membantu identifikasi pola konsumsi energi yang efisien. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem pemantauan energi rumah tangga yang proaktif untuk mendukung pengelolaan energi yang berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Pengelolaan konsumsi energi listrik di era modern menjadi tantangan utama dalam mencapai efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Rumah tangga merupakan salah satu konsumen utama energi listrik yang menyumbang proporsi signifikan terhadap total konsumsi energi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2022, 97,73% rumah tangga di Indonesia menggunakan listrik dari PLN sebagai sumber penerangan utama [1].

Dalam operasionalnya, sering kali terjadi lonjakan daya listrik yang tidak terduga, yang dapat disebabkan oleh penggunaan peralatan elektronik tertentu atau gangguan teknis pada jaringan listrik. Lonjakan daya ini, jika tidak terdeteksi dan diatasi dengan cepat, dapat mengakibatkan kerusakan peralatan elektronik, peningkatan biaya listrik, hingga potensi risiko keamanan [2].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait pemantauan dan analisis konsumsi listrik rumah tangga, masih terdapat keterbatasan dalam deteksi dini lonjakan daya yang signifikan. Beberapa studi telah mengembangkan sistem monitoring konsumsi daya peralatan listrik rumah berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau penggunaan energi secara *real-time* [3]. Namun, kemampuan sistem tersebut dalam mendeteksi lonjakan daya secara cepat dan akurat masih perlu ditingkatkan. Selain itu, metode analisis yang efisien untuk menangani data diskrit dengan interval waktu tetap belum banyak diterapkan dalam konteks ini.

Diferensiasi numerik adalah salah satu teknik yang umum digunakan dalam analisis data diskrit. Metode ini dikenal karena kesederhanaannya dan fleksibilitasnya dalam menangani data yang terdistribusi pada interval waktu tertentu [8]. Dalam konteks deteksi lonjakan listrik, metode ini

ISSN: 2809-9834, DOI: 10.31284/p.semtik.2025-1.6961

memungkinkan identifikasi perubahan signifikan dalam konsumsi daya berdasarkan selisih antara nilai pengukuran dari waktu ke waktu. Metode dalam analisis time series, termasuk diferensiasi numerik, memungkinkan deteksi lonjakan atau anomali dalam data dengan cara mendefinisikan ambang batas yang sesuai, sehingga perubahan signifikan dalam data dapat diidentifikasi secara efisien [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan metode diferensiasi numerik pada data konsumsi listrik rumah tangga yang diperoleh dari submetering di berbagai area rumah. Penelitian ini juga mengevaluasi efektivitas ambang batas berdasarkan dua kali standar deviasi dalam mengidentifikasi lonjakan signifikan pada konsumsi listrik. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pemantauan energi listrik yang lebih efisien dan proaktif, guna mendukung pengelolaan energi rumah tangga yang berkelanjutan.

Dengan memanfaatkan pendekatan diferensiasi numerik, penelitian ini menawarkan perspektif baru dalam pengelolaan energi berbasis data, khususnya untuk mendeteksi pola anomali yang dapat diantisipasi sejak dini.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Numerik

Metode numerik adalah alat perhitungan pendekatan (aproksimatif) yang lebih mengutamakan cara-cara hampiran untuk menyelesaikan masalah yang kompleks menggunakan operasi aritmatika seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, dan perpangkatan. Dengan menggunakan komputer, metode numerik memanfaatkan algoritma untuk memperoleh solusi yang mendekati eksak. Solusi ini biasanya diperbaiki secara iteratif untuk mengurangi galat sehingga mencapai nilai yang cukup kecil dibandingkan solusi eksak. Misalnya, metode ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan matematika yang sulit atau tidak dapat diselesaikan secara analitik. Penerapan metode numerik sangat luas, meliputi bidang teknik, fisika, ekonomi, dan lain sebagainya [4].

Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah persamaan yang melibatkan turunan dari sebuah fungsi. Persamaan ini digunakan untuk memodelkan fenomena alam seperti perpindahan panas, dinamika fluida, atau gerak benda. Secara matematis, persamaan diferensial dapat dinyatakan dalam

$$F(x, y, y', y'', \ldots, y^{(n)}) = 0 \qquad \text{.........(1)}$$

dimana $y^{(n)}$ adalah turunan ke-n dari y terhadap x.

Terdapat dua jenis utama, yaitu persamaan diferensial biasa (PDB), yang melibatkan satu variabel bebas, dan persamaan diferensial parsial (PDP), yang melibatkan lebih dari satu variabel bebas. Pendekatan numerik sering digunakan ketika solusi eksak tidak tersedia atau terlalu sulit ditemukan [5].

Metode Deret Taylor

Metode deret Taylor adalah pendekatan yang menggunakan ekspansi deret Taylor untuk menghampiri fungsi ke dalam bentuk polinomial. Metode ini sangat berguna untuk penyelesaian persamaan diferensial karena dapat memberikan perbaikan nilai fungsi secara keseluruhan. Jika nilai fungsi dan semua turunannya diketahui dalam suatu interval , maka fungsi tersebut dapat diperluas menggunakan deret Taylor

$$f(x_{i+1}) = f(x_i) + \frac{f'(x_i)}{1!}\Delta x + \frac{f''(x_i)}{2!}\Delta x^2 + \ldots + \frac{f^n(x_i)}{n!}\Delta x^n \qquad \text{.............(2)}$$

dengan $\Delta x = h = x - x_0; y = f(x)$.

Pendekatan ini memungkinkan fungsi yang kompleks diubah menjadi bentuk polinomial yang lebih sederhana, sehingga mempermudah analisis atau perhitungan selanjutnya. Metode deret Taylor digunakan sebagai dasar untuk banyak teknik numerik lainnya [6].

Metode Selisih Maju

ISSN: 2809-9834, DOI: 10.31284/p.semtik.2025-1.6961

Metode selisih maju adalah salah satu teknik dalam diferensiasi numerik untuk menghitung turunan pertama secara aproksimatif. Metode ini didasarkan pada pendekatan nilai fungsi di dua titik yang berdekatan dengan rumus

$$f'(x) = \frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h} \quad \text{.....(3)}$$

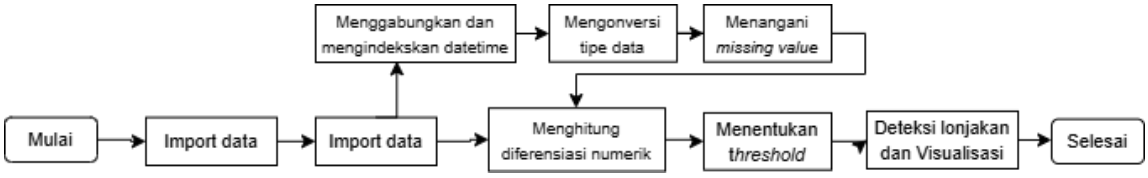
dimana h adalah jarak antara dua titik (langkah).

Selisih maju cocok digunakan untuk menghitung turunan pada data diskrit atau kasus di mana nilai fungsi hanya tersedia pada titik-titik tertentu. Metode ini sederhana dan mudah diterapkan, tetapi memiliki galat trunkasi yang berkaitan dengan aproksimasi deret Taylor. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya untuk memberikan hasil yang cukup baik dengan langkah kecil. Namun, galat trunkasi cenderung meningkat jika terlalu besar atau jika data mengandung noise. Oleh karena itu, selisih maju sering digunakan sebagai dasar untuk teknik diferensiasi numerik yang lebih kompleks, seperti selisih pusat atau metode berbasis interpolasi [7].

Galat (Error)

Galat dalam metode numerik merupakan perbedaan antara solusi numerik dengan solusi eksak. Galat dapat muncul karena dua faktor utama, yaitu galat trunkasi dan galat pembulatan. Galat trunkasi terjadi akibat pendekatan matematis yang digunakan dalam metode numerik. Sementara itu, galat pembulatan disebabkan oleh keterbatasan representasi angka dalam komputer, yang mengakibatkan hasil perhitungan tidak sepenuhnya akurat. Analisis galat sangat penting untuk memastikan bahwa solusi numerik yang diperoleh cukup mendekati solusi sejati. Dalam praktiknya, pengurangan galat sering dilakukan dengan menggunakan langkah yang lebih kecil, meskipun ini meningkatkan waktu komputasi. Penggunaan algoritma yang lebih kompleks atau metode iteratif juga membantu untuk mencapai hasil yang lebih akurat dengan galat yang minimal [5].

METODE



Gambar 1. Flowchart proses deteksi lonjakan menggunakan diferensiasi numerik

Dataset

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari dataset publik di kaggle yaitu *House Power Consumption*. Dataset ini mencakup konsumsi listrik rumah tangga selama hampir empat tahun dari 2006 hingga 2010 dengan interval pengukuran setiap menit. Data set ini berisi parameter listrik seperti daya aktif (kW), daya reaktif (kVAR), tegangan (V), dan intensitas arus (A), Submetering di area dapur, garasi, dan ruang tamu.

Tabel 1. *Dataset power house hold consumption*

Date	Time	Global_active_power	Global_reactive_power	Voltage	Global_intensity
16/12/2006	17:24:00	4.216	0.418	234.84	18.4
16/12/2006	17:25:00	5.36	0.436	233.03	23
16/12/2006	17:26:00	5.374	0.496	233.29	23

ISSN: 2809-9834, DOI: 10.31284/p.semtik.2025-1.6961

Sub_metering_1	Sub_Metering_2	Sub_Metering_3
0	1	12.0
0	1	16.0
0	2	17.0

Data Wrangling

Proses pengelolaan data (*Data Wrangling*) merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa data dalam penelitian ini dalam kondisi yang bersih dan siap diproses. Langkah - langkah *preprocessing* yang dilakukan meliputi penggabungan dan pengindeksan waktu, di mana kolom *date* dan *time* digabungkan ke dalam format *datetime* dan dijadikan indeks utama untuk analisis berbasis waktu. Selanjutnya, dilakukan konversi tipe data pada kolom numerik seperti daya dan tegangan yang bertipe *object* menjadi format numerik. Terakhir, penanganan *missing value* dilakukan dengan mengisi data kosong menggunakan nilai rata-rata.

Diferensiasi Numerik

Langkah selanjutnya melakukan analisis perubahan daya antar waktu menggunakan metode diferensiasi numerik. Metode ini dipilih karena kemampuannya mendeteksi perubahan secara cepat dan akurat pada data diskrit. Diferensiasi numerik digunakan untuk menghitung perubahan nilai antar titik waktu dalam setiap parameter listrik. Metode ini diterapkan untuk mendeteksi perubahan signifikan yang mengindikasikan lonjakan daya atau tegangan. Rumus diferensiasi yang digunakan sebagai berikut :

$$f't = \frac{f(t+\Delta t)-f(t)}{\Delta t} \quad \text{.....(4)}$$

dengan :
$f't$ adalah laju perubahan daya waktu t
$f(t)$ adalah nilai konsumsi daya pada waktu t, dan
Δt adalah interval waktu (1 menit).

Threshold

Penentuan ambang batas (*threshold)* merupakan langkah krusial dalam mengidentifikasi lonjakan daya secara akurat. Ambang batas ini berfungsi sebagai parameter untuk membedakan perubahan daya yang normal dengan lonjakan daya yang signifikan. Lonjakan diidentifikasi berdasarkan perubahan yang melebihi ambang batas (*threshold*). Dalam penelitian ini, ambang batas ditentukan menggunakan metode statistik berdasarkan dua kali standar deviasi dari distribusi perubahan daya. Rumus yang digunakan adalah :

$$threshold = 2\sigma \quad \text{.....(5)}$$

dimana $\boldsymbol{\sigma}$ adalah standar deviasi dari perubahan daya.
jika hasil diferensiasi numerik melampaui ambang batas ini, maka titik data tersebut diklasifikasikan sebagai lonjakan daya.

Deteksi Lonjakan dan Visualisasi

Tahap selanjutnya adalah deteksi lonjakan daya berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Deteksi dilakukan dengan membandingkan setiap hasil diferensiasi terhadap nilai *threshold*. Titik data yang melebihi ambang batas akan diidentifikasi sebagai lonjakan. Setelah lonjakan daya terdeteksi, hasilnya divisualisasikan dalam bentuk *scatter plot*.

Alat dan Software

Seluruh proses analisis dan visualisasi dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python versi 3.10. Beberapa pustaka (*library*) yang digunakan meliputi Pandas untuk manipulasi dan pengolahan data, Numpy untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib serta seaborn untuk visualisasi data.

Vol. 4, No. 1, Januari 2025
ISSN: 2809-9834, DOI: 10.31284/p.semtik.2025-1.6961

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset yang dianalisis berisi informasi konsumsi energi dari beberapa *sub-metering* selama periode waktu tertentu dibersihkan dan diolah untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi serta potensi lonjakan yang terjadi. Setelah data yang hilang diimputasi dan data dibagi berdasarkan *sub-metering* dilakukan analisis untuk memahami dinamika konsumsi energi. Dataset yang sudah bersih kemudian dianalisis dengan pendekatan berbasis lonjakan energi untuk menemukan pola dalam konsumsi sub-metering. Visualisasi yang dihasilkan menunjukkan distribusi lonjakan untuk setiap sub-metering selama waktu tertentu.

Deteksi dan Visualisasi Lonjakan Konsumsi Energi

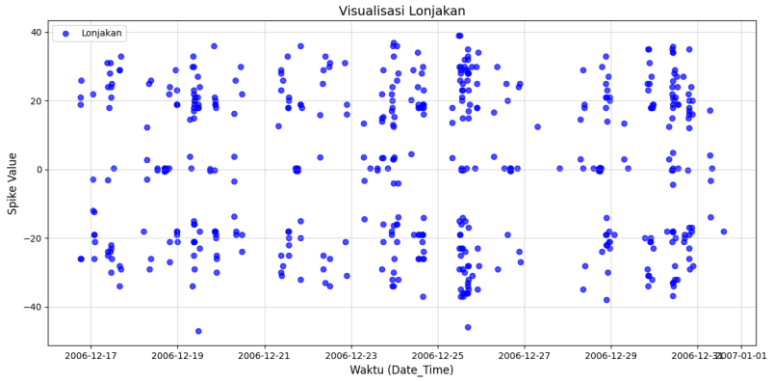
Lonjakan konsumsi energi diidentifikasi dengan metode diferensiasi sederhana, di mana selisih antar pengukuran digunakan untuk menentukan perubahan signifikan pada konsumsi energi.

Tabel 2. Jumlah perubahan signifikan setiap kolom

Global_active_power	Global_reactive_power	Voltage	Global_intensity
0	0	0	56

Sub_metering_1	Sub_Metering_2	Sub_Metering_3
230	394	94

Hasil dari deteksi lonjakan divisualisasikan dalam bentuk *scatterplot* untuk memahami pola waktu dan intensitas lonjakan. *Scatterplot* ini memberikan informasi yang sangat berguna untuk memahami distribusi temporal dan besarnya lonjakan konsumsi listrik.



Gambar 2. Visualisasi lonjakan menggunakan *scatterplot*

Gambar 2 menunjukkan distribusi lonjakan konsumsi listrik pada salah satu parameter *sub-metering* selama periode waktu tertentu. Sumbu horizontal (x) merepresentasikan rentang waktu, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai lonjakan. Setiap titik pada *scatterplot* melambangkan kejadian lonjakan konsumsi listrik pada waktu tertentu.

Dari *plot* ini, terlihat bahwa lonjakan konsumsi listrik tidak terjadi secara acak, melainkan memiliki pola distribusi temporal tertentu. Lonjakan lebih banyak terkonsentrasi pada tanggal-tanggal tertentu, seperti 19 Desember, 23 Desember, dan 25 Desember. Pola ini dapat dikaitkan dengan aktivitas rumah tangga atau peristiwa khusus yang mempengaruhi konsumsi energi pada waktu-waktu tersebut, misalnya liburan atau kegiatan rutin tertentu.

Sebaran nilai lonjakan pada sumbu vertikal menunjukkan variasi intensitas lonjakan, di mana sebagian besar berada dalam rentang tertentu, sementara sebagian kecil menunjukkan lonjakan dengan intensitas yang sangat tinggi atau rendah. Variasi ini memberikan indikasi bahwa pola konsumsi listrik dapat dipengaruhi oleh jenis perangkat listrik yang digunakan serta kebiasaan penggunaan energi pada waktu-waktu tertentu.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode diferensiasi numerik yang dikombinasikan dengan penentuan *threshold* berbasis standar deviasi efektif untuk mendeteksi lonjakan konsumsi energi pada data konsumsi listrik rumah tangga. Hasil analisis mengungkap bahwa lonjakan konsumsi listrik tidak bersifat acak, melainkan memiliki pola distribusi temporal yang konsisten, dengan konsentrasi lonjakan pada tanggal-tanggal tertentu yang kemungkinan berkaitan dengan aktivitas rumah tangga atau peristiwa khusus. Visualisasi *scatterplot* membantu mengidentifikasi intensitas dan distribusi lonjakan energi, memberikan wawasan penting tentang dinamika konsumsi listrik yang dapat digunakan untuk manajemen energi yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, " Distribusi Persentase Rumah Tangga dan Sumber Penerangan Utama Tahun 2022," [Online].
[2] F. Saraya, G. S. Santyadiputra, and M. Dendi Maysanjaya, "SIMOD: SISTEM MONITORING KONSUMSI DAYA PERALATAN LISTRIK RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS," *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, vol. 3, no. 2, 2022.
[3] Nikita Dewi Kurnia Salwa, "Monitoring Penggunaan Daya: Solusi Efisiensi Energi di Era Modern," Cloud Computing Indonesia.
[4] S. Bismo and M. Yuswan, *Metode-Numerik-KOMPUTASI-DENGAN-FORTRAN-77-DAN-TURBO-PASCAL*. 2010.
[5] U. Sari, M. Indonesia, W. Pandia, and I. Sitepu, "Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia PENENTUAN GALAT PERSAMAAN DIFERENSIAL BIASA ORDE 1 DENGAN METODE NUMERIK," vol. 6, no. 1, 2021, doi: 10.51544/mutiara%20pendidik.v6i1.1907.
[6] Rinaldi Munir, *Matematika Diskrit*. Informatika Bandung, 2010.
[7] S. Samaray, "Perbandingan Metode Diferensiasi Numerik Berbasis Matlab Mobile."
[8] S. C. . Chapra and R. P. . Canale, *Numerical methods for engineers*. McGraw-Hill Education, 2015.
[9] G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, "Time Series Analysis: Forecasting and Control."
[10] A. P. Sari, H. Suzuki, T. Kitajima, T. Yasuno, and D. A. Prasetya, "PREDICTION MODEL OF WIND SPEED AND DIRECTION USING DEEP NEURAL NETWORK," *JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, vol. 3, no. 1, Feb. 2020, doi: 10.26905/jeemecs.v3i1.3946.
[11] Y. Rahayu, "Penerapan Metode Numerik Pada Rangkaian Listrik," *Techno COM*, vol. 10, pp. 145–152, Nov. 2011.
[12] T. A. S. Jati, M. Sapti, and R. Y. Purwoko, "Penerapan Pembelajaran Berdifirensiasi Berbasis RME Untuk Meningkatkan Kemampuan Numerasi Siswa," *Pedagogy*, vol. 8.
[13] U. Muhammadiyah Mataram, L. Hoyali, and P. Pendidikan Matematika, "Seminar Nasional Paedagoria Aplikasi Metode Elemen Hingga untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Parsial dalam Rekayasa Struktur dan Material."
[14] T. Penulis *et al.*, *METODE NUMERIK*. [Online]. Available: www.freepik.com
[15] A. Fatahillah, "Pemodelan Dan Penyelesaian Numerik Dari Permasalahan Arus Listrik Selama Proses Korosi Besi Berlangsung Yang Didasarkan Pada Sifat Kimia Larutan," *Seminar Nasional Mipa & Pembelajaran Mipa*, 2013.
[16] E. J. Sasono, "APLIKASI METODE NUMERIK DALAM PERHITUNGAN LUAS DAN VOLUME BADAN KAPAL YANG BERADA DI BAWAH PERMUKAAN AIR LAUT," 2006.
[17] S. N. Hutagalung, K. Kunci -Numerik, and N. Raphson, "PEMAHAMAN METODE NUMERIK (STUDI KASUS METODE NEW-RHAPSON) MENGGUNAKAN PEMPROGRMAN MATLAB," 2017.