



## *Optimization of Electric Energy Usage for Household Customers Based on Machine Learning and Internet of Things*

### **Optimasi Penggunaan Energi Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis Machine Learning dan Internet of Things**

Sriwahyuningsih Piu<sup>1</sup>, Arham Arifin<sup>2</sup>, Muhammad Rizal<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Komputer dan Jaringan, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

E-Mail: <sup>1</sup>sri.wahyuningsih@undipa.ac.id,

<sup>2</sup>arhamarifin@undipa.ac.id, <sup>3</sup>muhammad.rizal@poliupg.ac.id

Received Aug 29th 2024; Revised Oct 15th 2024; Accepted Nov 21th 2024; Available Online Nov 24th 2024

Corresponding Author: Muhammad Rizal

Copyright © 2025 by Authors, Published by Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI)

#### **Abstract**

*Efficient energy management is a critical concern in modern households, where a lack of awareness regarding daily energy consumption often contributes to unnecessary waste. This study presents a predictive model designed to estimate daily energy consumption based on seven days of historical data, aimed at enhancing user awareness and promoting energy efficiency. Utilizing the K-Nearest Neighbors (K-NN) algorithm and the PZEM-004T sensor, the model predicts energy usage for air conditioning (AC) and television (TV) devices. For the eighth day, the model estimated a consumption of 5.23 kWh, closely aligning with the recorded actual consumption of 5.30 kWh, yielding a prediction error of 0.07 kWh and an accuracy rate of 98.66%. These results demonstrate the model's efficacy in accurately forecasting energy consumption, underscoring its potential to aid households in more effective energy management and conservation.*

*Keyword: Esp8266, Internet of Things (IoT), K-Nearest Neighbors (K-NN), Machine Learning, PZEM-004T*

#### **Abstrak**

Penggunaan energi yang efisien merupakan tantangan penting dalam rumah tangga modern. Namun, kurangnya kesadaran akan konsumsi energi sehari-hari seringkali menyebabkan pemborosan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi konsumsi energi yang mampu memperkirakan konsumsi harian berdasarkan data historis, sehingga dapat meningkatkan kesadaran pengguna. Algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) dan sensor PZEM-004T diterapkan untuk memprediksi konsumsi energi pada perangkat AC dan TV. Model ini memprediksi konsumsi energi pada hari ke-8 sebesar 5.23 kWh, dibandingkan dengan konsumsi aktual 5.30 kWh, menghasilkan error sebesar 0.07 kWh dan akurasi prediksi mencapai 98.66%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini efektif dalam memprediksi konsumsi energi, yang berpotensi membantu rumah tangga dalam mengelola dan menghemat energi secara lebih efisien..

Kata Kunci: Esp8266, Internet of Things (IoT), K-Nearest Neighbors (K-NN), Machine Learning, PZEM-004T

#### **1. PENDAHULUAN**

Konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi, urbanisasi, serta peningkatan penggunaan perangkat elektronik dan listrik yang semakin beragam. Seringkali, pengguna listrik di rumah tangga tidak menyadari pola konsumsi energi mereka, sehingga berujung pada penggunaan listrik yang tidak efisien. Pemborosan energi ini tidak hanya meningkatkan biaya listrik, tetapi juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, terutama dengan meningkatnya permintaan energi yang masih didominasi oleh sumber daya fosil.

Di tengah tantangan tersebut, konsep *Internet of Things* (IoT) muncul sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi konsumsi energi. IoT memungkinkan perangkat-perangkat di rumah terhubung ke internet dan saling bertukar data secara otomatis. Dengan adanya sensor dan perangkat pintar, rumah tangga dapat memantau penggunaan energi listrik secara real-time, mulai dari penggunaan perangkat-perangkat

seperti pendingin udara, lampu, hingga alat-alat dapur. Data yang dikumpulkan dapat memberikan gambaran rinci mengenai pola konsumsi energi, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi area di mana efisiensi dapat ditingkatkan [1][2][3][4].

Proses pemantauan saja tidak cukup untuk mencapai optimasi energi secara penuh. Teknologi Machine Learning (ML) memainkan peran penting dalam menganalisis data yang dikumpulkan dari perangkat IoT. ML dapat memproses data dalam jumlah besar dan mendeteksi pola-pola tertentu yang sulit diidentifikasi secara manual. Dengan menggunakan algoritma prediktif, ML dapat memberikan rekomendasi yang spesifik terkait penggunaan perangkat listrik di rumah tangga. Misalnya, sistem dapat memprediksi kapan waktu terbaik untuk menggunakan peralatan listrik yang memerlukan daya besar, atau memberikan notifikasi jika terjadi konsumsi energi yang tidak biasa [5][6].

Penerapan IoT yang dikombinasikan dengan ML telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan energi dan sumber daya. Munawar [7] mengembangkan sistem keamanan berbasis IoT menggunakan deep learning, yang berfokus pada keamanan jaringan dan analisis data besar. Sementara itu, penelitian oleh Sholikhuddin dan Yama [8] mengkaji bagaimana IoT dan ML dapat diterapkan dalam konservasi lingkungan dengan memantau tingkat deforestasi secara real-time, memberikan dampak yang signifikan dalam pelestarian hutan. Di sisi lain, Arsella [9] mengimplementasikan IoT dalam pemantauan pertumbuhan jamur tiram untuk mengoptimalkan kontrol suhu dan kelembaban, yang membuktikan kemampuan IoT dalam sektor agrikultur. Dalam konteks prediksi konsumsi daya, Salam dan Hibaoui [10] membandingkan berbagai algoritma ML untuk prediksi konsumsi energi di jaringan listrik, yang memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem manajemen energi yang lebih efisien. Xiao [11] menyoroti aspek keamanan IoT yang didukung oleh ML untuk melindungi perangkat dari serangan siber, menunjukkan pentingnya keamanan dalam ekosistem IoT. Hussain [12] melakukan survei terhadap tantangan dan solusi dalam keamanan IoT berbasis ML, yang menunjukkan kompleksitas sistem IoT modern. Selain itu, Garc [13] mengembangkan metode pengukuran konsumsi energi menggunakan ML, yang berfokus pada akurasi dan presisi dalam memonitor konsumsi energi. Penelitian-penelitian ini membentuk dasar untuk pengembangan model prediksi konsumsi energi yang lebih akurat, seperti yang dilakukan dalam studi ini, yang menargetkan penggunaan perangkat IoT untuk meningkatkan efisiensi energi dalam rumah tangga.

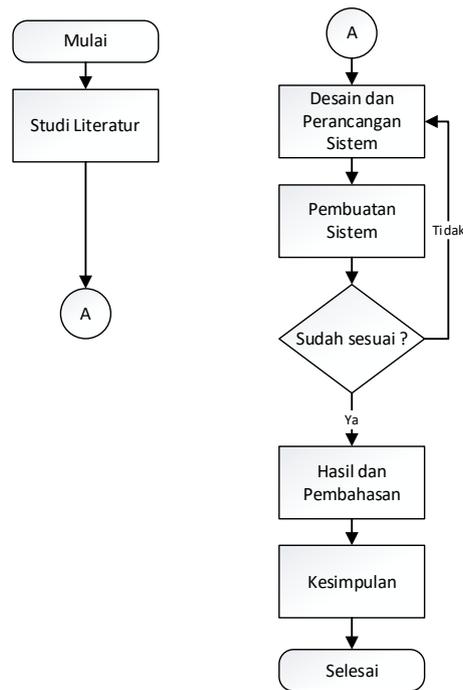
Integrasi IoT dan ML telah banyak dieksplorasi di berbagai bidang untuk meningkatkan otomatisasi, pemantauan, dan kemampuan prediksi dalam beberapa tahun terakhir. Misalnya, penelitian oleh Ulum [14] menerapkan IoT pada agroindustri karet untuk mengoptimalkan produksi, menunjukkan potensi IoT di sektor pertanian. Begitu pula, Marsalia [15] mengembangkan sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT dengan memanfaatkan ML, yang menunjukkan penerapan teknologi ini di bidang kesehatan. Penelitian oleh Kamajaya [16] berfokus pada telemonitoring kesehatan berbasis IoT, yang memperlihatkan kemajuan dalam perawatan pasien jarak jauh yang difasilitasi oleh IoT. Selanjutnya, Xiao et al. [17] mengeksplorasi teknik keamanan IoT berbasis ML untuk mengatasi tantangan keamanan yang muncul seiring dengan perkembangan jaringan IoT. Terakhir, Adi [18] mengaplikasikan ML dan analitik data pada IoT untuk pemantauan energi, yang menunjukkan bagaimana model ML dapat meningkatkan efisiensi energi dalam sistem IoT. Penelitian ini melanjutkan kemajuan-kemajuan tersebut dengan menerapkan model prediktif khusus untuk konsumsi energi rumah tangga, menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) dan pengumpulan data berbasis sensor untuk mencapai akurasi prediksi yang tinggi, yang mewakili pendekatan baru dalam manajemen energi rumah tangga.

Optimasi penggunaan energi listrik sangat penting untuk menurunkan beban puncak listrik yang sering terjadi pada waktu-waktu tertentu, seperti malam hari atau saat kondisi cuaca ekstrem. Beban puncak ini dapat menyebabkan peningkatan biaya listrik bagi konsumen serta menambah beban pada jaringan listrik, yang pada akhirnya bisa menyebabkan pemadaman listrik. Dengan mengoptimalkan penggunaan listrik melalui IoT dan ML, rumah tangga dapat mengurangi konsumsi listrik pada waktu-waktu puncak tersebut, serta memanfaatkan waktu di mana permintaan energi lebih rendah, sehingga tagihan listrik pun dapat ditekan.[19][20]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem yang dapat mengoptimalkan penggunaan energi listrik di rumah tangga berbasis teknologi IoT dan ML. Sistem ini dirancang untuk memantau, menganalisis, dan memberikan rekomendasi terkait penggunaan perangkat listrik secara real-time, sehingga pelanggan rumah tangga dapat mengurangi pemborosan energi dan menekan biaya listrik mereka. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi penerapan teknologi serupa dalam skala yang lebih luas, serta memberikan manfaat nyata bagi efisiensi energi di sektor rumah tangga.

## **2. BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini memiliki tahapan, yakni studi literatur, desain perancangan sistem pembuatan sistem, pengujian sistem Hasil dan Pembahasan dan kesimpulan. Secara detail metodologi penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik bagi pelanggan rumah tangga berbasis Machine Learning (ML) dan Internet of Things (IoT) menggunakan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP8266. Proses dimulai dengan studi literatur yang mengkaji konsep IoT dan algoritma Machine Learning untuk memahami tantangan serta solusi yang ada. Selanjutnya, pada tahap desain perancangan sistem, peneliti merancang sistem pemantauan energi yang melibatkan PZEM-004T untuk mengukur daya, arus, dan tegangan, serta antarmuka pengguna untuk menampilkan data secara real-time.

Setelah desain selesai, penelitian melanjutkan ke pembuatan sistem, di mana komponen perangkat keras seperti sensor PZEM-004T dan ESP8266 diintegrasikan dengan kode pemrograman yang mengumpulkan dan menganalisis data konsumsi energi. Pada tahap pengujian sistem, evaluasi dilakukan untuk mengukur akurasi data dan efektivitas algoritma ML dalam memprediksi pola konsumsi serta memberikan rekomendasi optimasi.

Hasil dari pengujian disajikan dalam bagian hasil dan pembahasan, di mana perbandingan data konsumsi energi sebelum dan sesudah optimasi dilakukan. Analisis ini mencakup evaluasi dari algoritma yang digunakan dan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil. Di akhir, tahap kesimpulan menyimpulkan temuan dari penelitian, menjelaskan efektivitas sistem yang dikembangkan dan memberikan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan solusi teknologi untuk pengelolaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

### 2.1. Algoritma K-NN

Algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) merupakan metode klasifikasi non-parametrik yang sederhana namun efektif di banyak kasus. Proses K-NN dimulai dengan pengumpulan data pelatihan yang telah dilabeli, yang digunakan sebagai dasar untuk membuat prediksi. Setiap instance dalam dataset memiliki fitur yang menjelaskan karakteristik data tersebut serta label yang menunjukkan kelas atau kategori yang sesuai. K-NN telah digunakan secara luas dalam aplikasi data mining dan machine learning karena implementasinya yang sederhana dan kinerjanya yang baik [21]. Metode ini bekerja dengan menentukan k tetangga terdekat untuk sebuah data yang akan diklasifikasikan dan menggunakan suara mayoritas dari tetangga tersebut untuk menentukan kelasnya [22]. keberhasilan klasifikasi sangat bergantung pada pemilihan nilai k, yang dapat dipilih melalui uji coba dengan berbagai nilai k untuk mendapatkan kinerja terbaik [23] [29]. Berikut contoh rumus menghitung jarak pada K-NN [30], ditunjukkan pada persamaan 1.

$$distance = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

### 2.2. PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah perangkat yang dirancang untuk memantau konsumsi energi listrik secara real-time dengan kemampuan mengukur tegangan, arus, daya, dan total energi dalam kilowatt-jam (kWh). Dengan teknologi komunikasi serial, sensor ini mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP8266

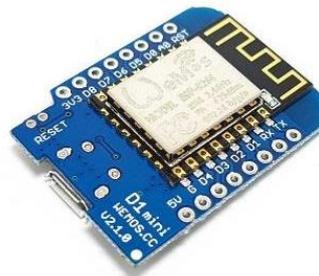
dan Arduino untuk aplikasi berbasis Internet of Things (IoT). Dalam implementasinya, modul PZEM-004T dapat digunakan untuk mencatat konsumsi energi listrik harian yang meliputi parameter seperti tegangan, arus, daya aktif, dan akumulasi energi. Sistem berbasis modul ini dapat terhubung dengan smartphone untuk menampilkan data secara real-time dan menyimpannya dalam basis data untuk analisis lebih lanjut [24]. Selain itu, pengembangan perangkat lunak berbasis modul PZEM-004T dapat digunakan untuk memonitor penggunaan energi secara efisien dan memberikan data historis untuk membantu pengguna dalam mengoptimalkan konsumsi energi [20][25].



Gambar 2. PZEM-004t

### 2.3. ESP8266-Wemos

ESP8266 Wemos D1 Mini adalah mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang populer untuk proyek-proyek Internet of Things (IoT). Dengan ukuran kecil dan kemampuan untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi, Wemos D1 Mini menjadi pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan konektivitas internet, seperti pengendalian perangkat rumah pintar dan pemantauan sensor. Wemos D1 Mini telah digunakan dalam berbagai aplikasi IoT, termasuk pemantauan suhu di ruang server, di mana perangkat ini dapat mengendalikan suhu secara otomatis dan menyimpan data ke dalam basis data untuk pemantauan jarak jauh [26]. Wemos D1 Mini juga digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT untuk kebutuhan rumah tangga, seperti otomatisasi pemberian makan ikan dan pemantauan ketersediaan pakan melalui aplikasi Telegram [27]. perangkat ini juga dimanfaatkan untuk sistem monitoring cuaca, yang memanfaatkan kemampuan ESP8266 dalam mengakses data dari cloud [28].



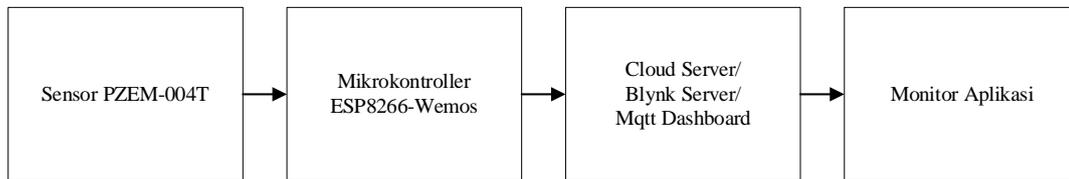
Gambar 3. Esp8266-Wemos

Tabel 1. Fungsi pin-pin pada wemos

Pin	GPIO	Fungsi
D0	16	Digital
D1	5	Digital, SDA
D2	4	Digital, SCL
D3	0	Digital, Input
D4	2	Digital, LED
D5	14	Com. SPI
D6	12	Com. SPI
D7	13	Com. SPI
D8	15	Digital
A0	-	Analog

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Gambar 4 merupakan komunikasi dari setiap kompone alat, mulai dari sensor energi (PZEM-004T), esp8266, cloud server IoT dan terakhir dapat dipantau pada dasbor Aplikasi untuk mengetahui nilai prediksi nilai konsumsi listrik.



**Gambar 4.** Alur komunikasi Data

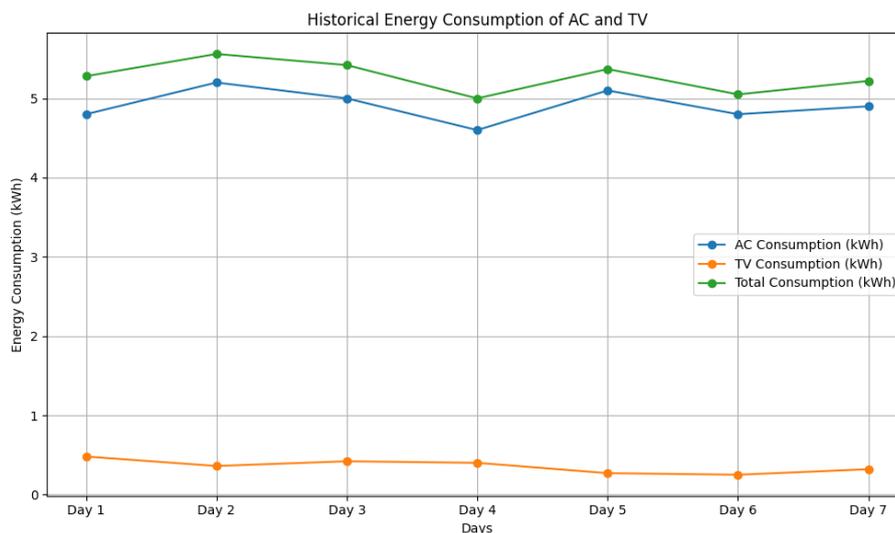
Berdasarkan hasil monitoring selama 7 hari menggunakan sistem IoT yang telah dirancang, data konsumsi energi listrik dari beberapa perangkat rumah tangga berhasil dikumpulkan. Perangkat yang dipantau mencakup AC dan TV. Dari data yang dikumpulkan, terlihat bahwa konsumsi energi terbesar berasal dari AC, sedangkan perangkat seperti TV memiliki konsumsi energi yang relatif lebih rendah, ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Pemantauan Energi AC dan TV

Hari	Konsumsi AC (kWh)	Konsumsi TV (kWh)	Total Konsumsi (kWh)
1	4.8	0.48	5.28
2	5.2	0.36	5.56
3	5.0	0.42	5.42
4	4.6	0.4	5.00
5	5.1	0.27	5.37
6	4.8	0.25	5.05
7	4.9	0.32	5.22

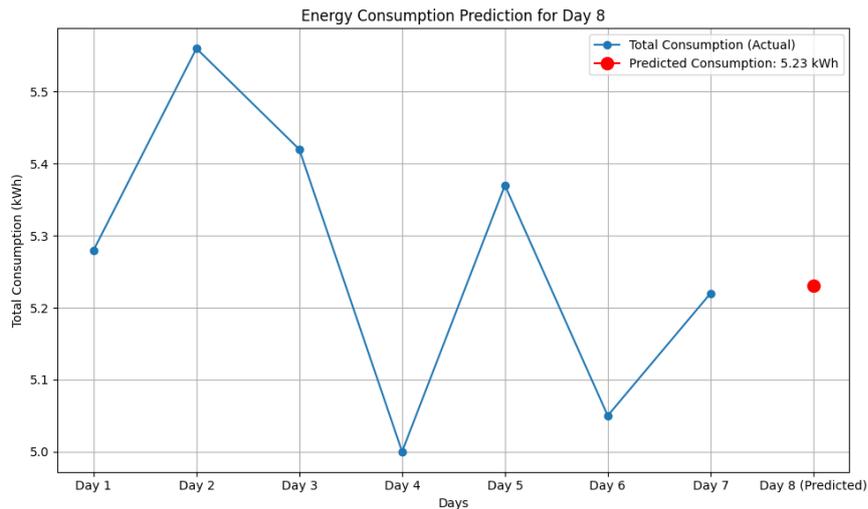
#### 3.1. Penerapan Machine Learning

Dari data konsumsi energi yang telah didapat. Penulis mencoba untuk menggunakannya sebagai data latih pada algoritma K-NN, berikut grafik riwayat datanya. Grafik riwayat data konsumsi energi ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik riwayat data konsumsi energi

Gambar 4 digunakan sebagai data latih untuk memprediksi konsumsi energi dimasa yang akan datang, penerapan K-NN menggunakan data latih pada gambar 4 menghasilkan prediksi konsumsi energi dihari ke-8 yang ditunjukkan pada Gambar 5.

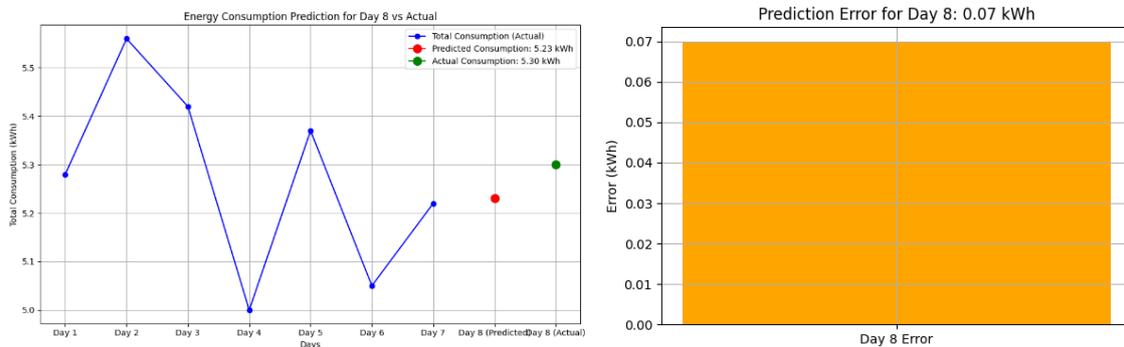


**Gambar 5.** Grafik Prediksi konsumsi energi dihari ke-8

Prediksi 5.23 kWh pada hari ke-8 dihasilkan oleh algoritma K-NN berdasarkan data historis konsumsi energi perangkat AC dan TV dari 7 hari sebelumnya. Algoritma ini bekerja dengan menghitung jarak antara data baru dan data historis, memilih tetangga terdekat, dan menggunakan rata-rata total konsumsi energi dari tetangga terdekat untuk membuat prediksi. Maka dari itu model yang digunakan akan diterapkan pada mikrokontroler ESP8266 Wemos dalam konsep monitoring konsumsi energi dan rekomendasi pada pengguna secara *real time*.

### 3.2. Perbandingan data aktual dengan prediksi

Pada Gambar 6 kami membandingkan data aktual konsumsi energi yang terbaca oleh sensor PZEM-004T dengan hasil prediksi dari algoritma K-NN.



**Gambar 6.** Grafik Selisih Error Prediksi.

Dalam penelitian ini, kami menganalisis akurasi prediksi konsumsi energi untuk hari ke-8 berdasarkan data historis selama tujuh hari. Prediksi untuk hari ke-8 adalah 5.23 kWh, sementara konsumsi aktual tercatat sebesar 5.30 kWh. Error antara prediksi dan aktual adalah 0.07 kWh, yang menunjukkan selisih yang relatif kecil. Akurasi prediksi mencapai 98.66%, mengindikasikan bahwa model yang digunakan cukup efektif dalam memperkirakan konsumsi energi.

Meskipun akurasi model cukup tinggi, pemantauan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan performa prediksi dan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi. Analisis error ini menjadi dasar untuk pengembangan model prediksi yang lebih baik, dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan energi di masa depan.

### 3.3. Penerapan model pada esp8266

Kami mengembangkan sistem pemantauan konsumsi energi menggunakan ESP8266 dan sensor PZEM-004T untuk perangkat AC dan TV. Setelah menginisialisasi sensor dan mengonfigurasi koneksi Wi-Fi serta broker MQTT, kami menghitung konsumsi energi harian dan menerapkan K-NN untuk memprediksi konsumsi total energi untuk hari diwaktu yang akan datang. Sistem juga memberikan peringatan jika prediksi konsumsi melebihi batas maksimum yang ditentukan.

Hasil prediksi dan rekomendasi dikirimkan ke broker MQTT melalui topik “energy/prediction”, memungkinkan pemantauan yang efisien. Dengan sistem ini, pengguna dapat lebih sadar akan penggunaan energi mereka dan melakukan penghematan secara efektif.

---

#### K-NN Algorithm dan MQTT

---

```
float newAc = dailyAC;
float newTv = dailyTV;

int k = 3;
float predictedConsumption = K-NN(newAc, newTv, K);

float maxConsumptionLimit = 5.5;
String recommendation;
if (predictedConsumption > maxConsumptionLimit) Serial.println("konsumsi tinggi");
else{ Serial.println("konsumsi aman");}

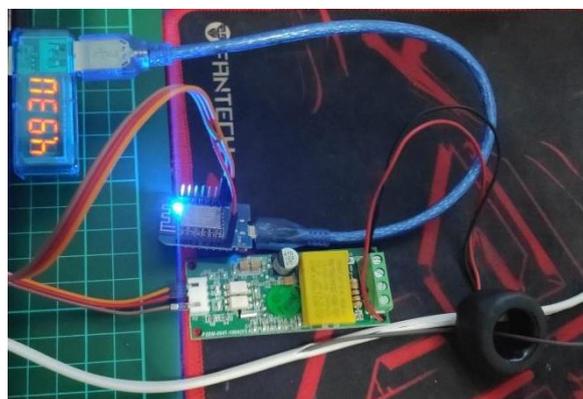
String message = predictedConsumption;
mqttClient.publish ("energy/prediction", message.c_str());
delay (5000);
```

---



**Gambar 7.** UI Aplikasi Mobile Sistem Monitor

Gambar 7 Menjelaskan tentang tampilan antarmuka untuk pengguna yang memperlihatkan konsumsi energi harian secara real-time serta prediksi konsumsi di masa depan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (K-NN). Antarmuka ini dirancang untuk memberikan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna mengenai konsumsi energi saat ini dan potensi penggunaan di masa mendatang. Prediksi yang dihasilkan oleh algoritma K-NN didasarkan pada analisis data historis, yang memungkinkan sistem untuk mempelajari pola penggunaan energi dan memberikan estimasi yang lebih akurat. Selain itu, antarmuka ini juga menampilkan penjelasan mengenai status keamanan konsumsi energi, menginformasikan pengguna apakah penggunaan perangkat listrik dalam kondisi aman atau berisiko berdasarkan batas maksimum yang telah ditentukan. Dengan demikian, pengguna dapat mengambil keputusan yang lebih baik mengenai penggunaan energi, yang berkontribusi pada efisiensi energi dan penghematan biaya.



**Gambar 8.** Perangkat keras Pembaca konsumsi energi

Gambar 8 menjelaskan tentang perakitan alat pembaca tegangan, arus, daya dan energi secara realtime oleh PZEM-004T. Sensor akan mengirim ke esp8266 dan meneruskan ke MQTT server sehingga pengguna dapat memantau kondisi konsumsi energi seperti pada gambar 8.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem pemantauan konsumsi energi yang dikembangkan berhasil memberikan prediksi yang akurat dengan akurasi 98.66%. Meskipun model menunjukkan performa yang baik, pemantauan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi. Analisis error yang dilakukan akan menjadi dasar untuk pengembangan model prediksi yang lebih baik di masa depan, berkontribusi pada optimalisasi penggunaan energi secara keseluruhan dengan notifikasi secara realtime.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) melalui Penelitian Dosen Pemula (BIMA PDP) atas dana hibah yang diberikan. Pendanaan ini sangat berharga untuk mengembangkan proyek saya tentang Optimasi penggunaan energi listrik bagi pelanggan rumah tangga berbasis machine learning dan *Internet of Things*. Terima kasih atas dukungan yang akan memberikan kontribusi signifikan bagi penelitian ini dan masyarakat luas.

#### REFERENSI

- [1] D. Azizi and V. Arinal, "Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan Internet of Thing (Iot) Berbasis Mobile," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1808–1813, 2023.
- [2] E. Ariyanto, R. P. Astutik, and P. Perdana, "Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Sistem Automatic Transfer Switch / Automatic Main Failure(Ats-Amf) Menggunakan Wemos D1 Berbasis Internet Of Things(Iot)," *SinarFe7*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [3] K. Chooruang and K. Meekul, "Design of an IoT Energy Monitoring System," *Int. Conf. ICT Knowl. Eng.*, vol. 2018-Novem, pp. 48–51, 2019.
- [4] H. B. Ahmad, R. R. Asaad, S. M. Abdulrahma, A. A. Hani, A. B. Sallow, and S. R. M. Zeebaree, "Smart Home Energy Saving With Big Data and Machine Learning," *J. Ilm. Ilmu Terap. Univ. Jambi*, vol. 8, no. 1, pp. 11–20, 2024.
- [5] A. D. Pham, N. T. Ngo, T. T. Ha Truong, N. T. Huynh, and N. S. Truong, "Predicting energy consumption in multiple buildings using machine learning for improving energy efficiency and sustainability," *J. Clean. Prod.*, vol. 260, p. 121082, 2020.
- [6] A. Mosavi and A. Bahmani, "Energy consumption prediction using m[1] A. Mosavi and A. Bahmani, 'Energy consumption prediction using machine learning; a review,' *Energies*, no. March, pp. 1–63, 2019.," *Energies*, no. March, pp. 1–63, 2019.
- [7] Zen Munawar and Novianti Indah Putri, "Keamanan IoT Dengan Deep Learning dan Teknologi Big Data," *Tematik*, vol. 7, no. 2, pp. 161–185, 2020.
- [8] M. Sholikhuddin, R. Yama, and A. W. Sakti, "Forestry: Inovasi Berbasis Iot Untuk Meminimalisasi Angka Deforestasi Dengan Memanfaatkan Machine Learning Sebagai Aksi Sustainable Development Goals (Sdgs)," *Lomba Karya Tulis Ilm.*, vol. 4, no. 1, pp. 129–142, 2023.
- [9] S. Arsella, M. Fadhli, and L. Lindawati, "Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Teknologi IoT," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 34–42, 2023.
- [10] A. Salam and A. El Hibaoui, "Comparison of machine learning algorithms for the power consumption prediction - Case study of tetouan city," *Proc. 2018 6th Int. Renew. Sustain. Energy Conf. IRSEC 2018*, pp. 1–5, 2018.
- [11] L. Xiao, X. Wan, X. Lu, Y. Zhang, and D. Wu, "IoT Security Techniques Based on Machine Learning," pp. 1–20, 2018.
- [12] S. H. Shah and I. Yaqoob, "A survey: Internet of Things (IOT) technologies, applications and challenges," *2016 IEEE Smart Energy Grid Eng.*, vol. i, pp. 381–385, 2016.
- [13] E. Garc, "Postprint How to Measure Energy Consumption in Machine Learning Algorithms," 2018.
- [14] M. B. Ulum, "DESAIN INTERNET OF THINGS (IoT) UNTUK OPTIMASI PRODUKSI PADA AGROINDUSTRI KARET," *Sebatik*, vol. 22, no. 2, pp. 69–73, 2018.
- [15] V. Marshalia, "Perancangan Pemanfaatan IoT dan Machine Learning Untuk Sistem Monitoring Kesehatan Kulit Wajah Berjerawat," vol. 3, no. 1, pp. 135–145.
- [16] L. Kamajaya, A. Pracoyo, L. N. Palupi, and A. R. Hidayat, "Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis Iot," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 137–145, 2023.
- [17] M. A. Al-Garadi, A. Mohamed, A. K. Al-Ali, X. Du, I. Ali, and M. Guizani, "A Survey of Machine and Deep Learning Methods for Internet of Things (IoT) Security," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 22, no. 3, pp. 1646–1685, 2020.

- [18] E. Adi, A. Anwar, Z. Baig, and S. Zeadally, "Machine learning and data analytics for the IoT," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 20, pp. 16205–16233, 2020.
- [19] P. Prasetyawan, A. Oktavia, and ..., "Edukasi Hemat Energi dan Penerapan Teknologi IoT di SMP IT Al-Kholis Lampung Selatan," ... *Bid. Sains dan ...*, vol. 1, no. 4, pp. 534–540, 2022.
- [20] S. Nirwan and H. MS, "Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis Pzem-004T," *Tek. Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 22–28, 2020.
- [21] S. Zhang, X. Li, M. Zong, X. Zhu, and D. Cheng, "Learning k for K-NN Classification," *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, vol. 8, no. 3, 2017.
- [22] G. Guo, H. Wang, D. Bell, Y. Bi, and K. Greer, "K-NN model-based approach in classification," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 2888, no. January, pp. 986–996, 2003.
- [23] M. I. Siddiq, I. P. D. Wibawa, and M. Kallista, "Integrated Internet of Things (IoT) technology device on smart home system with human posture recognition using K-NN method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 4, p. 042065, 2021.
- [24] - Andriana, - Zuklarnain, and H. Baehaqi, "Sistem kWH Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T," *J. TIARSIE*, vol. 16, no. 1, p. 29, 2019.
- [25] A. Mubarak 'aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone," *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, p. 191, 2022.
- [26] F. A. Deswar and R. Pradana, "Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet of Things (Iot)," *Technol. J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, p. 25, 2021.
- [27] R. R. Prabowo, K. Kusnadi, and R. T. Subagio, "SISTEM MONITORING DAN PEMBERIAN PAKAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA IKAN MENGGUNAKAN WEMOS DENGAN KONSEP INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Digit.*, vol. 10, no. 2, p. 185, 2020.
- [28] R. K. Kodali and A. Sahu, "An IoT based weather information prototype using WeMos," *Proc. 2016 2nd Int. Conf. Contemp. Comput. Informatics, IC3I 2016*, no. October, pp. 612–616, 2016.
- [29] A. F. Lubis et al., "Classification of Diabetes Mellitus Sufferers Eating Patterns Using K-Nearest Neighbors, Naïve Bayes and Decision Tree," *Public Research Journal of Engineering, Data Technology and Computer Science*, vol. 2, no. 1, pp. 44–51, Apr. 2024, doi: 10.57152/predatecs.v2i1.1103.
- [30] A. I. Putri et al., "Implementation of K-Nearest Neighbors, Naïve Bayes Classifier, Support Vector Machine and Decision Tree Algorithms for Obesity Risk Prediction," *Public Research Journal of Engineering, Data Technology and Computer Science*, vol. 2, no. 1, pp. 26–33, Apr. 2024, doi: 10.57152/predatecs.v2i1.1110.