JURNAL TELISKA **P-ISSN: 2085-0786**
Volume 19 No II Juli 2026 Page 19-28 **E-ISSN: 2654-2765**

PREDIKSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK MENGUNAKAN SISTEM *MACHINE LEARNING* DAN *INTERNET OF THINGS*

Ilham Purnama[1], Niksen Alfarizal[2]
Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya[1-2]
Purnama.ilham83@gmail.com

ABSTRAK

Konsumsi energi listrik yang terus meningkat seiring perkembangan teknologi menuntut adanya sistem yang mampu memantau dan memprediksi penggunaan daya listrik secara otomatis dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem prediksi pemakaian daya berbasis *Internet of Things* dan Machine Learning menggunakan algoritma Random Forest. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya. Data yang diperoleh dikirim melalui protokol MQTT ke Node-RED dan disimpan sebagai dataset untuk proses pelatihan model menggunakan *Google Colaboratory.* Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengambilan data, serta pelatihan model prediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring konsumsi listrik secara real-time dan menghasilkan prediksi penggunaan daya dengan nilai RMSE sebesar 100,64 serta total prediksi konsumsi daya bulanan sebesar 624.860,59 kW. Sistem ini dapat membantu pengguna dalam memantau, menganalisis, dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik secara lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci: *Internet of Things*, *Machine Learning*, ESP32, Prediksi Daya Listrik, Random Forest, *Google Colaboratory.*

ABSTRACT

Electrical energy consumption continues to increase along with the rapid development of technology, creating the need for an efficient system capable of monitoring and predicting power usage automatically and in real-time. This research aims to design and implement an Internet of Things based electrical power prediction system integrated with Machine Learning using the Random Forest algorithm. The system utilizes an ESP32 microcontroller and a PZEM-004T sensor to collect electrical parameters such as voltage, current, and power consumption. The collected data are transmitted through the MQTT protocol to Node-RED and stored as datasets for further analysis using Google Colaboratory. The research method includes literature study, system design, hardware and software implementation, data collection, and model training using Random Forest regression. The results show that the system successfully performs real-time monitoring and predicts future electricity consumption with an RMSE value of 100.64 and a total predicted monthly consumption of 624,860.59 kW. The system can assist users in monitoring, analyzing, and optimizing electrical energy consumption more effectively and efficiently.

Keywords: *Internet of Things, Machine Learning, Random Forest, ESP32, Electrical Power Prediction, Google Colaboratory.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era industri 4.0 mendorong pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam berbagai bidang, salah satunya pada sistem monitoring dan pengelolaan energi listrik. Konsumsi energi listrik yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan terhadap sistem pemantauan daya yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time menjadi semakin penting. Penggunaan listrik yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pemborosan energi, peningkatan biaya operasional, serta menurunnya efisiensi penggunaan daya listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat memantau sekaligus memprediksi penggunaan daya listrik secara efektif untuk membantu pengelolaan energi yang lebih baik [1].

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

Permasalahan dalam monitoring konsumsi listrik secara manual masih sering ditemui, baik pada skala rumah tangga maupun industri. Sistem monitoring konvensional mengharuskan pengguna melakukan pengecekan meter listrik secara langsung sehingga kurang efisien dari segi waktu dan tenaga. Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya melalui penerapan sistem berbasis IoT yang mampu melakukan pengumpulan data konsumsi listrik secara otomatis dan terintegrasi melalui jaringan internet. Sistem ini memungkinkan pengguna memperoleh informasi penggunaan daya listrik secara real-time melalui perangkat digital tanpa melakukan pengecekan manual [2].

Dalam penerapannya, Sistem IoT memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T untuk membaca parameter listrik seperti arus, tegangan, dan daya. Data hasil pengukuran kemudian dikirim menggunakan protokol MQTT menuju Node-RED untuk proses monitoring dan penyimpanan dataset. Dataset yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai data pelatihan pada metode Machine Learning untuk menghasilkan prediksi penggunaan daya listrik. Salah satu algoritma yang digunakan adalah Random Forest karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengolah data dengan banyak variabel dan menghasilkan tingkat akurasi prediksi yang cukup tinggi [3]. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat melakukan analisis pola konsumsi energi listrik dan memperkirakan kebutuhan daya di masa mendatang secara lebih akurat [4].

Kemajuan teknologi digital saat ini memungkinkan pengolahan data dilakukan secara cepat dan efisien menggunakan platform berbasis cloud seperti Google Colaboratory. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem "Prediksi Pemakaian Daya Menggunakan Sistem Machine Learning dan IoT" yang bertujuan untuk membantu pengguna dalam memantau, menganalisis, dan memprediksi penggunaan energi listrik secara otomatis dan real-time. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, mengurangi pemborosan daya, serta mendukung pengelolaan energi yang lebih efektif dan berkelanjutan baik pada lingkungan rumah tangga maupun industri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis [5]. Teknologi IoT banyak diterapkan pada sistem monitoring karena mampu memberikan informasi secara real-time dan mempermudah pengendalian perangkat dari jarak jauh. Pada sistem monitoring daya listrik, IoT digunakan untuk menghubungkan sensor, mikrokontroler, dan server sehingga data konsumsi listrik dapat dikumpulkan, diproses, dan ditampilkan secara langsung kepada pengguna [6].

Perkembangan teknologi IoT menjadi salah satu bagian penting dalam revolusi industri 4.0 karena mampu meningkatkan efisiensi kerja, otomatisasi sistem, dan pengelolaan data berbasis digital [7]. Dalam penelitian ini, IoT dimanfaatkan sebagai media komunikasi antara sensor PZEM-004T dengan Node-RED menggunakan protokol MQTT untuk mengirimkan data arus, tegangan, dan daya listrik secara real-time.

2.2 *Machine Learning*

Machine Learning merupakan cabang dari Artificial Intelligence (AI) yang memungkinkan sistem komputer mempelajari pola dari data tanpa perlu diprogram secara berulang [8]. Teknologi ini dikembangkan berdasarkan ilmu statistika, matematika, dan data mining sehingga mampu melakukan analisis data serta menghasilkan prediksi berdasarkan pola yang telah dipelajari sebelumnya.

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 1 Machine Learning

Dalam penerapannya, Machine Learning banyak digunakan pada sistem prediksi konsumsi energi listrik karena mampu mengolah data historis dan menghasilkan estimasi penggunaan daya pada masa mendatang [4]. Pada penelitian ini, metode Machine Learning digunakan untuk memprediksi pemakaian daya listrik berdasarkan dataset hasil monitoring dari sistem IoT. Dengan adanya metode ini, pengguna dapat mengetahui pola penggunaan energi dan melakukan perencanaan konsumsi listrik secara lebih efisien.

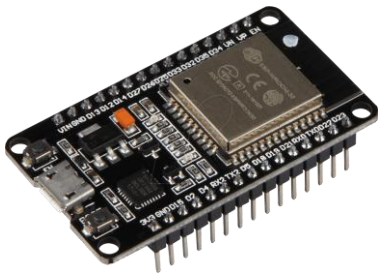
2.3 *Random Forest*

Random Forest merupakan salah satu algoritma Machine Learning berbasis ensemble learning yang bekerja dengan menggabungkan banyak pohon keputusan (decision tree) untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan stabil. Algoritma ini memiliki kemampuan yang baik dalam mengolah data dengan jumlah variabel yang banyak serta mampu mengurangi risiko overfitting pada proses pelatihan model [9].

Random Forest digunakan untuk memprediksi konsumsi daya listrik berdasarkan parameter waktu seperti jam, hari, dan bulan. Model Random Forest dipilih karena mampu memberikan hasil prediksi yang cukup baik dalam menganalisis pola konsumsi energi listrik. Selain itu, algoritma ini juga mampu menentukan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap penggunaan daya listrik sehingga dapat membantu proses analisis konsumsi energi secara lebih efektif.

2.4 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan memiliki fitur konektivitas WiFi serta Bluetooth dalam satu modul [10]. ESP32 banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena memiliki konsumsi daya rendah, performa tinggi, dan jumlah pin input/output yang cukup banyak.


Gambar 2 Bentuk Fisik Modul ESP32

ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali sistem untuk menerima data dari sensor PZEM-004T dan mengirimkannya menuju server melalui jaringan internet. ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara perangkat keras monitoring daya listrik dengan platform IoT sehingga proses pengiriman data dapat dilakukan secara otomatis dan real-time.

2.5 Sensor PZEM-004T

PZEM-004T merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi listrik [1]. Sensor ini mampu melakukan pengukuran arus hingga 100 A dengan tingkat akurasi yang cukup baik sehingga banyak digunakan pada sistem monitoring konsumsi energi listrik.



Gambar 3 Modul Pzem004-T[1]

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

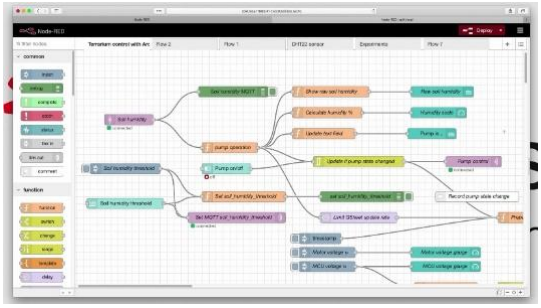
Sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca data konsumsi daya listrik yang kemudian dikirimkan ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Data hasil pengukuran digunakan sebagai dataset utama dalam proses pelatihan model Machine Learning untuk prediksi penggunaan daya listrik.

2.6 MQTT dan Node-RED

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan protokol komunikasi berbasis publish-subscribe yang dirancang untuk komunikasi data pada sistem Internet of Things (IoT) [1]. Protokol ini memiliki ukuran data yang ringan sehingga cocok digunakan pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti sensor dan mikrokontroler.



Gambar 4 MQTT [1]



Gambar 5 Node Red [1]

Node-RED merupakan platform pemrograman berbasis flow yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online dalam sistem IoT. Pada penelitian ini, MQTT digunakan sebagai media komunikasi data antara ESP32 dan server, sedangkan Node-RED digunakan untuk monitoring, pengolahan, dan penyimpanan dataset konsumsi daya listrik secara real-time. Dengan adanya integrasi MQTT dan Node-RED, proses pengumpulan data dapat dilakukan secara otomatis dan efisien.

3. METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

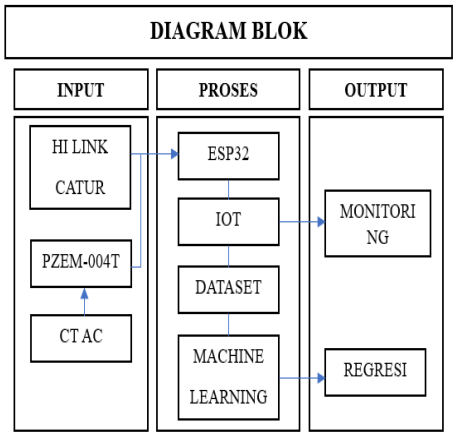
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengambilan data, serta pengujian sistem prediksi menggunakan metode Machine Learning. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari jurnal, artikel ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Internet of Things (IoT), monitoring daya listrik, dan algoritma Random Forest. Selain itu, dilakukan observasi terhadap sistem monitoring daya listrik berbasis IoT untuk memahami proses pengambilan dan pengolahan data secara real-time.

Sistem yang dirancang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Pada perangkat keras, sistem menggunakan sensor PZEM-004T untuk membaca parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya. Sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengendali sekaligus pengirim data menuju server melalui internet menggunakan protokol MQTT.

Pada perangkat lunak, Node-RED digunakan sebagai media monitoring dan pengolahan data secara real-time. Data hasil pembacaan sensor disimpan dalam bentuk dataset pada Google Sheets dan selanjutnya digunakan untuk proses pelatihan model Machine Learning menggunakan Google Colaboratory. Sistem dirancang agar mampu melakukan monitoring dan prediksi konsumsi daya listrik secara otomatis dan real-time.

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 6 Diagram blok sistem

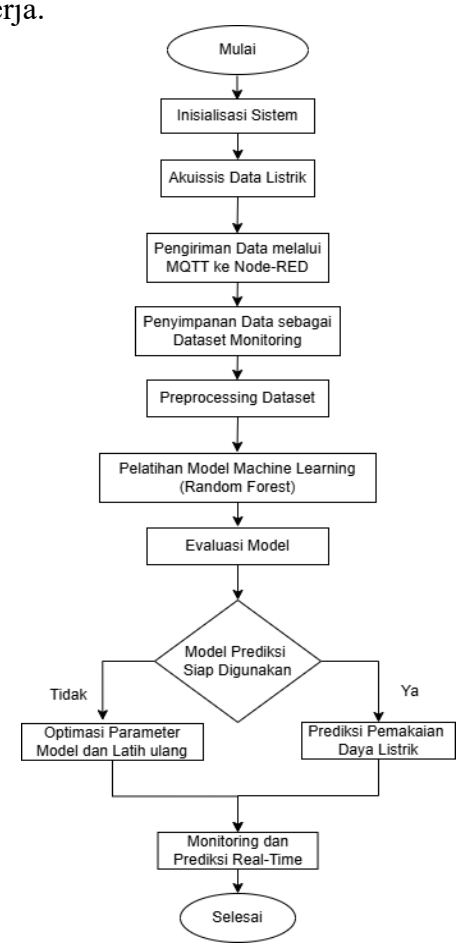
Berikut penjelasan mengenai diagram blok gambar 6:

1. Sumber tegangan seluruh rangkaian berasal dari HLK-Link yang sudah diregulasi ke 5V
2. Mengunakan Pzem 004T sebagai input yang mengirimkan sinyal arus, tegangan dan daya ke mikrokontroler
3. Mikrokontroler yang digunakan ialah NodeMCU ESP32 sebagai sistem pengirim sinyal
4. Sistem iot digunakan untuk mengumpulkan data NodeMCU ESP32 ke nodered lalu nodered akan mengirimkan daya, tegangan dan arus ke excel.
5. Dataset yang digunakan akan dimasukan ke dalam google colab yang akan ditraining
6. Google colab akan mengularkan hasil prediksi regresi yang dapat memprediksi hasil sesuai dengan dataset

Diagram blok sistem terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu sumber daya, sensor PZEM-004T, ESP32, MQTT broker, Node-RED, dan Google Colaboratory. HLK-Link digunakan sebagai sumber tegangan 5V untuk ESP32 dan sensor PZEM-004T. Sensor PZEM-004T membaca data arus, tegangan, dan daya listrik kemudian mengirimkan data tersebut ke ESP32 melalui komunikasi serial. Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data ke server menggunakan protokol MQTT. Data yang diterima oleh Node-RED disimpan sebagai dataset dan digunakan untuk proses prediksi konsumsi daya listrik menggunakan algoritma Random Forest.

Flowchart adalah diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan urutan langkah-langkah atau proses kerja suatu sistem, program, atau algoritma secara logis menggunakan simbol-simbol standar yang dihubungkan oleh panah.

Dalam penelitian, flowchart berfungsi untuk menunjukkan alur kerja sistem mulai dari input, proses, keputusan (decision), hingga output, sehingga memudahkan pembaca memahami bagaimana sistem bekerja.



Gambar 7. Flowchart Sistem

Gambar 7 merupakan flowchart sistem pada penelitian ini. Adapun penjelasan flowchart sebagai berikut:

- Mulai
- Inisialisasi ESP32 dan Sensor PZEM-004T. ESP32 diinisialisasi sebagai mikrokontroler utama yang

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

mengendalikan sistem. Sensor PZEM-004T dikonfigurasi agar dapat membaca parameter kelistrikan seperti: Tegangan (Volt), Arus (Ampere) dan Daya (Watt). Selain itu, ESP32 juga dikoneksikan ke jaringan Wi-Fi.

- Akuisisi Data Listrik (Tegangan, Arus, Daya). Sensor PZEM-004T melakukan pengukuran secara berkala terhadap beban listrik.
- Pengiriman Data melalui MQTT ke Node-RED. ESP32 mengirimkan data hasil pengukuran menggunakan protokol MQTT ke server atau broker MQTT.
- Penyimpanan Data sebagai Dataset Monitoring. Data yang diterima Node-RED kemudian disimpan ke dalam database atau file.
- Preprocessing Dataset. Sebelum digunakan untuk melatih model, dataset diproses terlebih dahulu agar kualitas datanya baik. Tahapan preprocessing meliputi:
  - Menghapus data kosong
  - Menghilangkan data yang tidak normal (outlier)
  - Menyesuaikan format data
  - Memilih fitur yang digunakan sebagai input model

  Output tahap ini adalah dataset yang siap digunakan untuk pelatihan.
- Pelatihan Model Machine Learning (*Random Forest*). Dataset hasil preprocessing digunakan untuk melatih model Random Forest menggunakan *Google Colaboratory.*
- Evaluasi Model. Model yang telah dilatih kemudian diuji menggunakan data testing.
- Model Prediksi Siap Digunakan?. Pada tahap ini dilakukan pengecekan apakah performa model sudah memenuhi target. Jika belum, dilakukan optimasi, Jika sudah, model digunakan untuk melakukan prediksi.
- Prediksi Pemakaian Daya Listrik. Model *Random Forest* memprediksi konsumsi daya listrik berdasarkan data yang diterima dari sensor.
- Monitoring dan Prediksi Real-Time. Data aktual dari sensor dan hasil prediksi ditampilkan secara real-time pada dashboard Node-RED sehingga pengguna dapat memantau:
  - Pemakaian listrik saat ini
  - Tren penggunaan
  - Hasil prediksi konsumsi
- Informasi Konsumsi dan Prediksi Daya Bulanan. Sistem menghasilkan informasi akhir:
  - Konsumsi daya aktual
  - Grafik penggunaan listrik
  - Prediksi total konsumsi bulanan
  - Estimasi penggunaan energi
  - Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi pemborosan listrik.
- Selesai.

3.2 Pengambilan Dataset

Pengambilan dataset dilakukan secara otomatis menggunakan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang terdiri dari sensor PZEM-004T, ESP32, MQTT, dan Node-RED. Data yang dikumpulkan meliputi parameter tegangan listrik (V), arus listrik (A), daya listrik (W), waktu, hari, tanggal dan bulan. Data hasil pengukuran dikirim secara real-time ke Node-RED dan disimpan secara otomatis pada Google Sheets sebagai media penyimpanan dataset.

Proses pengambilan data dilakukan dengan interval pencatatan setiap 1 jam sekali. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data pelatihan (training data) dan data pengujian (testing data). Data pelatihan diambil pada periode 5 Mei 2024 sampai dengan 6 Mei 2024, sedangkan data pengujian diambil pada periode 19 Juli 2024 sampai dengan 20 Juli 2024. Pemilihan dua periode yang berbeda bertujuan untuk menguji kemampuan model dalam melakukan prediksi terhadap data yang tidak digunakan pada saat pelatihan.

Data yang telah terkumpul kemudian diproses dan digunakan dalam algoritma Random Forest untuk membangun model prediksi pemakaian daya listrik. Variabel

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

waktu seperti jam, hari, dan bulan digunakan sebagai fitur masukan (input), sedangkan nilai daya listrik digunakan sebagai target prediksi (output). Dataset dibagi menjadi data pelatihan untuk membangun model dan data pengujian untuk mengevaluasi performa model dalam memprediksi pemakaian daya listrik.

Penggunaan data pelatihan dan data pengujian pada periode yang berbeda dilakukan untuk memastikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik dalam mengenali pola konsumsi daya listrik dan menghasilkan prediksi yang mendekati kondisi aktual.

3.3 Metode Random Forest

Metode Machine Learning yang digunakan dalam penelitian ini adalah Random Forest. Algoritma Random Forest bekerja dengan menggabungkan beberapa pohon keputusan (decision tree) untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan stabil. Pada proses pelatihan, dataset dibagi menjadi data training dan data testing. Variabel input yang digunakan meliputi hour, day_of_week, day_of_month, dan month, sedangkan variabel output berupa nilai konsumsi daya listrik.

Model Random Forest dilatih menggunakan Google Colaboratory dengan bahasa pemrograman Python dan library scikit-learn. Hasil prediksi kemudian dievaluasi menggunakan nilai Root Mean Squared Error (RMSE) untuk mengetahui tingkat akurasi model dalam memprediksi konsumsi daya listrik.

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat monitoring dan model prediksi yang telah dirancang. Pengujian meliputi pengujian pembacaan sensor PZEM-004T, pengiriman data menggunakan MQTT, monitoring data pada Node-RED, serta pengujian akurasi model Random Forest dalam memprediksi konsumsi daya listrik. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu melakukan monitoring dan prediksi penggunaan daya listrik secara otomatis dan real-time.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Monitoring Daya

Langkah-langkah pengoperasian alat monitoring daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat monitoring daya listrik berbasis IoT beserta perangkat pendukung yang digunakan.
2. Memastikan seluruh komponen seperti ESP32, sensor PZEM-004T, HLK-Link, dan kabel penghubung telah terpasang dengan baik.
3. Menghubungkan HLK-Link ke sumber listrik untuk memberikan suplai daya 5V pada ESP32 dan sensor PZEM-004T.
4. Memasang clamp sensor PZEM-004T pada kabel listrik rumah untuk membaca arus dan tegangan listrik.
5. Menghubungkan ESP32 dengan jaringan internet melalui koneksi WiFi yang tersedia.
6. Mengaktifkan broker MQTT Mosquitto dan Node-RED sebagai media pengiriman dan monitoring data.
7. Memastikan dashboard Node-RED telah terhubung dengan sistem monitoring.
8. Melakukan pengukuran konsumsi daya listrik secara real-time.
9. Mengamati data tegangan, arus, dan daya yang tampil pada dashboard Node-RED.
10. Mencatat data hasil monitoring sebagai dataset untuk proses Machine Learning.

Sistem monitoring daya listrik yang dirancang menggunakan sensor PZEM-004T untuk membaca parameter tegangan, arus, dan daya listrik secara real-time. Data hasil pembacaan dikirim menuju ESP32 melalui komunikasi serial, kemudian diteruskan ke server menggunakan protokol MQTT melalui broker Mosquitto. Data yang diterima selanjutnya diproses menggunakan Node-RED dan disimpan sebagai dataset pada Google Sheets untuk kebutuhan analisis dan prediksi penggunaan daya listrik.

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

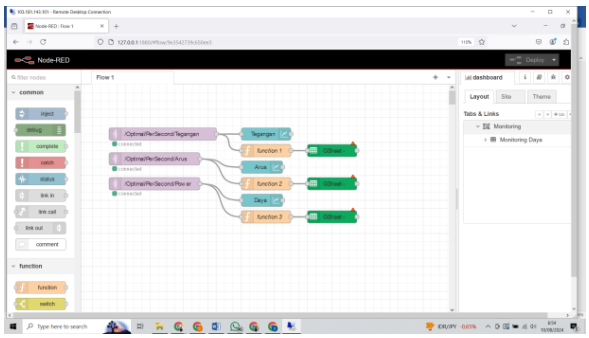
P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 8. Hasil Perancangan Alat

4.2 Monitoring Node-RED

Implementasi Node-RED digunakan sebagai media monitoring dan pengumpulan data konsumsi daya listrik secara real-time. Dashboard Node-RED menampilkan parameter tegangan, arus, dan daya dalam bentuk grafik sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dengan mudah. Selain menampilkan visualisasi data, Node-RED juga digunakan untuk menyimpan data hasil monitoring secara otomatis ke Google Sheets sebagai dataset penelitian.



Gambar 9. Dashboard Node-RED

Tabel 1 menunjukkan hasil monitoring parameter listrik yang diperoleh dari sistem.

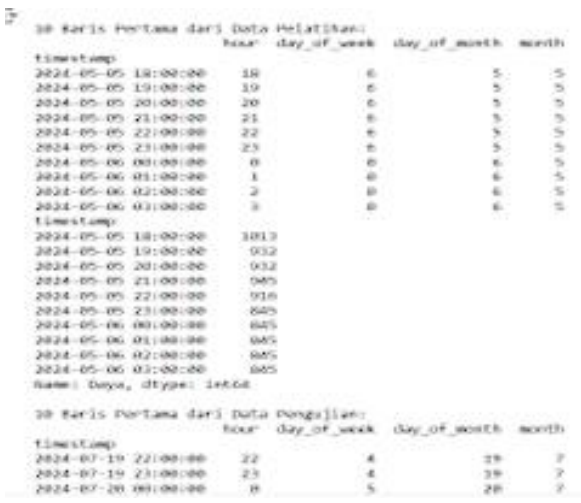
Tabel 1. Hasil Monitoring

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Keterangan
1	224	2,4	480	Kondisi normal
2	225	2,5	500	Kondisi normal
3	226	2,6	520	Kondisi normal
4	227	2,7	540	Kondisi normal
5	227	2,8	550	Kondisi normal

Berdasarkan hasil monitoring, pada table 1, tegangan listrik berada pada rentang 224–227 volt, sedangkan arus berada pada rentang 2,4–2,8 ampere. Nilai daya yang terbaca berkisar antara 480–550 watt. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring konsumsi daya listrik secara stabil dan real-time. Visualisasi grafik pada dashboard Node-RED juga mempermudah pengguna dalam mengamati perubahan konsumsi daya listrik secara langsung.

4.3 Pengambilan Dataset

Pengambilan dataset dilakukan secara otomatis menggunakan Node-RED yang terhubung dengan Google Sheets. Dataset yang diperoleh terdiri dari beberapa parameter, yaitu tanggal, hari, jam, tegangan, arus, dan daya listrik. Data dikumpulkan setiap satu jam untuk memperoleh pola penggunaan energi listrik dalam jangka waktu tertentu. Dataset tersebut kemudian digunakan sebagai data pelatihan dan pengujian pada model Machine Learning Random Forest.



Gambar 10. Pengaturan datasheet

4.4 Implementasi Random Forest

Proses Machine Learning menggunakan algoritma Random Forest dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pengaturan dataset, penentuan parameter model, pelatihan model, dan pengujian hasil prediksi.

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

4.4.1 Pengaturan Dataset

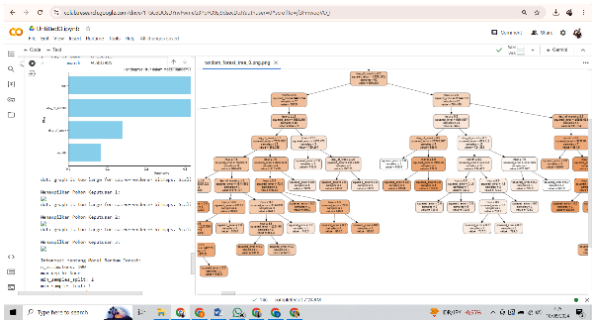
Dataset dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan digunakan untuk membangun model prediksi berdasarkan parameter waktu seperti hour, day_of_week, day_of_month, dan month. Sedangkan data pengujian digunakan untuk menguji kemampuan model dalam memprediksi konsumsi daya listrik berdasarkan pola yang telah dipelajari sebelumnya.

4.4.2 Parameter Random Forest

Model *Random Forest* menggunakan beberapa parameter penting, yaitu n_estimators = 100, max_depth = None, min_samples_split = 2, min_ samples_leaf = 1, dan max_features = sqrt. Parameter tersebut digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan mengurangi risiko overfitting pada model. Penggunaan 100 decision tree membuat hasil prediksi menjadi lebih stabil dan akurat.

4.4.3 Hasil Training Random Forest

Hasil pelatihan model menunjukkan bahwa fitur waktu memiliki pengaruh besar terhadap konsumsi daya listrik. Berdasarkan grafik feature importance, fitur "hour" menjadi faktor yang paling berpengaruh, diikuti oleh "day_of_month", "day_of_week", dan "month". Hal ini menunjukkan bahwa pola penggunaan listrik sangat dipengaruhi oleh waktu penggunaan dalam satu hari.



Gambar 11 Hasil Machine learning

Selain itu, model Random Forest menghasilkan pohon keputusan (decision tree) yang digunakan untuk menentukan pola prediksi konsumsi daya listrik berdasarkan data historis. Setiap node pada pohon keputusan membagi data berdasarkan parameter waktu tertentu untuk menghasilkan prediksi dengan tingkat kesalahan sekecil mungkin.

4.5 Hasil Prediksi Random Forest

Untuk mengetahui kinerja model Random Forest dalam memprediksi pemakaian daya listrik, dilakukan perbandingan antara data aktual dengan data hasil prediksi pada data pengujian. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kedekatan hasil prediksi terhadap nilai sebenarnya sehingga dapat diketahui kemampuan model dalam merepresentasikan pola konsumsi daya Listrik. Tabel 2 menunjukkan contoh perbandingan antara data aktual dan data hasil prediksi pemakaian daya listrik.

Tabel 2. Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Pemakaian Daya Listrik

Waktu	Data Aktual (W)	Data Prediksi (W)	Selisih
08.00	780	795	15
09.00	810	798	12
10.00	845	860	15
11.00	830	820	10
12.00	815	825	10

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, nilai prediksi yang dihasilkan oleh algoritma Random Forest menunjukkan pola yang relatif mendekati data aktual. Meskipun terdapat perbedaan nilai pada beberapa waktu pengamatan, secara umum model mampu mengikuti tren pemakaian daya listrik yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Random Forest dapat mempelajari hubungan antara variabel waktu seperti jam, hari, dan bulan terhadap konsumsi daya listrik.

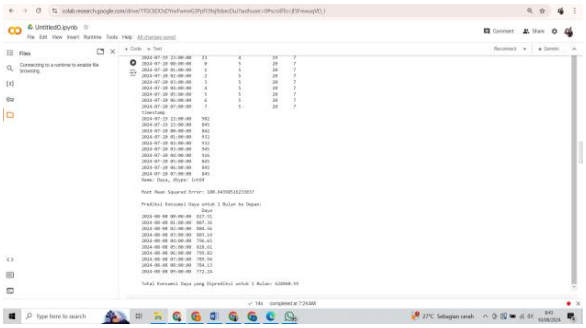
Tingkat akurasi model juga dapat dilihat dari nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang diperoleh sebesar 100,64. Nilai RMSE tersebut menunjukkan rata-rata kesalahan prediksi model terhadap data aktual. Semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan, maka semakin baik kemampuan model dalam melakukan prediksi. Berdasarkan hasil yang

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

diperoleh, model Random Forest memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi pemakaian daya listrik, meskipun masih terdapat selisih antara data aktual dan data prediksi pada beberapa kondisi tertentu.

Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan monitoring pemakaian daya listrik secara real-time, tetapi juga mampu memberikan prediksi konsumsi daya listrik yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengelolaan energi listrik secara lebih efektif.



Gambar 12 Hasil Prediksi 1 Bulan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem prediksi pemakaian daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) dan Machine Learning berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, protokol MQTT, Node-RED, Google Sheets, serta algoritma Random Forest. Sistem mampu melakukan monitoring parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya secara real-time, sekaligus menyimpan data secara otomatis sebagai dataset untuk proses pelatihan model prediksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Random Forest mampu memprediksi konsumsi daya listrik dengan pola yang relatif stabil, menghasilkan nilai Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 100,64 dan estimasi konsumsi daya bulanan sebesar 624.860,59 kW. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat mendukung proses pemantauan, analisis, dan prediksi penggunaan energi listrik secara lebih efektif dan efisien. Meskipun demikian, peningkatan akurasi prediksi masih dapat dilakukan melalui penambahan dataset, pembaruan model secara berkala, serta pengembangan fitur dan parameter yang digunakan dalam proses pelatihan Machine Learning.

DAFTAR PUSTAKA

[1] SageJournals.(2020).[PDF]https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1550147720908772 Diakses Pada 02 April 2024

[2] Sciencedirect.(2021).[PDF]https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121002616 Diakses Pada 02 April 2024

[3] Made, S. G., & Putu, A. S., (2022) Peranan Internet of Things dan Kecerdasan Buatan Dalam Teknologi Saat Ini. Jurnal Komputer dan Teknologi Sains. Vol. 1, No. 5

[4] J. Doe, A. Smith (2020) Energy Optimization in IoT-Based Smart Cities Using Machine Learning. Vol. 36, No.5

[5] Albon, C. (2022). *Machine Learning with Python Cookbook*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

[6] Géron, A. (2022). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow* (2nd ed.). California: O'Reilly Media.

[7] Bahga, A., & Madisetti, V. (2023). *Internet of Things: A Hands-On Approach*. Atlanta: VPT.

[8] Russell, B., & Van Duren, D. (2016). *Practical Internet of Things Security*. Birmingham: Packt Publishing.

[9] Müller, A. C., & Guido, S. (2021). *Introduction to Machine Learning with Python: A Guide for Data Scientists*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

[10] Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2022). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (4th ed.). Burlington: Morgan Kaufman

DOI : 10.36257/teliska.v19i2.11959