

PEMODELAN SISTEM DETEKSI INTRUSI PADA SISTEM SMART HOME PEMANTAUAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK BERBASIS MACHINE LEARNING

Eddy Prasetyo Nugroho✉, Sabian Annaya Havid, Muhammad Nursalman

Program Studi Ilmu Komputer, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Email: eddypn@upi.edu

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol9No1.pp42-49>

ABSTRACT

The occurrence of electricity usage that exceeds the power capacity of the home requires a smart home system that can monitor electricity consumption efficiently. This smart home system is built based on the Internet of Things (IoT) which can help electricity users at home to evaluate usage more easily and in an integrated manner. The development of this IoT-based smart home system uses the ESP32 Micro Controller Unit (MCU) and the PZEM-004T v.3.0 sensor. The reading results from the system can be seen on the front end of the web-based application and the LCD module on the controller system. To obtain the efficiency of electricity usage, an electricity usage leakage detection system is needed or in this case, it is called an intrusion detection system or Intrusion Detection System (IDS). The development of IDS by identifying anomalies based on electricity usage. The IDS model utilizes Machine Learning with a labelling process pattern as a preprocess using the Isolation Forest unsupervised learning algorithm and the classification process using the Random Forest supervised learning algorithm with Anomaly and Normal status. Evaluation of the IDS model on the dataset that has gone through labelling gives quite good results with an accuracy value of 99.63 %. IDS Model is ready to be tested in the implementation of classifying recorded data in real-time against several electrical energy load scenarios in the future.

Keyword: *Internet of Things, Smart Home System, IDS, Machine Learning, Model Evaluation.*

ABSTRAK

Kejadian pemakaian energi listrik yang melebihi batas dari kemampuan daya energi di rumah membutuhkan sistem pintar rumahan (smart home system) yang dapat memantau konsumsi energi listrik secara efisien. Sistem smart home ini dibangun dengan berbasis Internet of Things (IoT) dapat membantu pengguna listrik di rumah untuk mengevaluasi pemakaian dengan lebih mudah dan terpadu. Pembangunan sistem smart home berbasis IoT ini menggunakan Micro Controller Unit (MCU) ESP32 dan sensor PZEM-004T v.3.0. Hasil pembacaan dari sistem dapat dilihat pada front-end aplikasi berbasis web dan modul LCD pada sistem kontroler. Untuk mendapatkan efisiensi pemakaian listrik tersebut diperlukan sistem deteksi kebocoran pemakaian energi Listrik atau dalam hal ini disebutkan sistem deteksi intrusi atau Intrusion Detection System (IDS). Pembangunan IDS dengan mengidentifikasi berbasis anomali dari pemakaian energi listriknya. Model IDS memanfaatkan Machine Learning dengan pola proses pelabelan sebagai praproses menggunakan algoritma unsupervised learning Isolation Forest dan proses klasifikasi menggunakan algoritma supervised learning Random Forest dengan status Anomali dan Normal. Evaluasi terhadap model IDS terhadap dataset yang telah melalui labeling memberikan hasil yang cukup baik dengan nilai akurasi sebesar 99,63 %. Model IDS siap untuk diuji dalam implementasi mengklasifikasi data rekaman secara real-time terhadap beberapa skenario beban energi listrik nantinya.

Kata Kunci: *Internet of Things, Smart Home System, IDS, Machine Learning, Evaluasi Model.*

PENDAHULUAN

Setiap aktivitas manusia saat ini tidak terlepas dari kebutuhan terhadap energi listrik. Kehadiran perangkat elektronik dalam kehidupan turut membantu masyarakat ketika melakukan aktivitas seperti bekerja, bermain, dan belajar. Setiap perangkat elektronik memerlukan energi listrik yang menjadikan hal tersebut sebagai salah satu kebutuhan primer. Berdasarkan data yang dilansir dari Badan Pusat Statistik, pelanggan

listrik kelompok rumah tangga mencapai 14.594.402 pelanggan (Badan Pusat Statistik, 2023). Berdasarkan data yang dilansir dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) konsumsi listrik masyarakat Indonesia mencapai 1.173 kWh per kapita pada tahun 2022, 1.285 kWh per kapita pada tahun 2023 dan ditargetkan akan mencapai hingga 1.408 kWh per kapita pada tahun 2024 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024). Setiap individu

masyarakat Indonesia memiliki karakteristik yang unik mengenai konsumsi harian listrik mereka yang dipengaruhi oleh jumlah perangkat elektronik beserta intensitas pemakaiannya (Sahroni et al., 2020). Untuk mencegah terjadinya pengeluaran rumah tangga, industri, maupun organisasi yang besar karena konsumsi energi listrik yang tidak terkontrol, maka pengguna harus sadar akan pentingnya berhemat dalam menggunakan listrik (Suarna & Edy, 2023). Pengelolaan konsumsi listrik yang tidak baik dapat berpotensi memberikan kerugian kepada masyarakat dan negara (Susantok et al., 2022). Mayoritas pengguna listrik di Indonesia hanya mengandalkan meteran listrik yang disediakan oleh perusahaan listrik negara (PLN) untuk mengetahui jumlah pemakaian secara total pada keseluruhan rumah (Lulu Sabillah & Hidayat, 2023) dan yang harus dibayar baik pengguna pascabayar maupun prabayar, tetapi meteran tersebut tidak dapat memberikan rincian informasi seperti perangkat-perangkat yang mengakibatkan pemakaian menjadi tinggi sehingga pengguna tidak memiliki akses untuk melakukan evaluasi pemakaian listrik mereka.

Salah satu solusi yang ditawarkan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah dengan pengembangan sistem pemantauan pemakaian energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT). Dilihat dari sudut pandang *things-oriented*, *Internet of Things* atau *Internet of Objects* adalah rangkaian perangkat yang dapat melihat, mendengar, berfikir, bertukar informasi, serta melakukan tugas dan membuat keputusan-keputusan yang saling terkoordinasi (Sadhu et al., 2022). IoT saat ini berkembang secara pesat dan sudah diimplementasikan di berbagai domain seperti Industri 4.0, Otomasi manufaktur, *Smart City*, *Smart Grid*, *Intelligent Healthcare*, *Smart Home*, dan lain-lain. Jumlah perangkat IoT yang terkoneksi pada tahun 2025 diperkirakan akan menyentuh hingga 75.44 miliar perangkat (Statista, 2023). Berkembangnya jumlah IoT beserta keuntungan yang ditawarkan juga memiliki resiko khususnya pada sektor keamanan. Jumlah dan variasi perangkat IoT seperti populasi, konvolusi, heterogenitas, variasi, interoperabilitas, portabilitas, mobilitas, lokasi, topologi, dan dispersi objek berbanding lurus dengan banyaknya *attack surface* terhadap IoT (Sadhu et al., 2022).

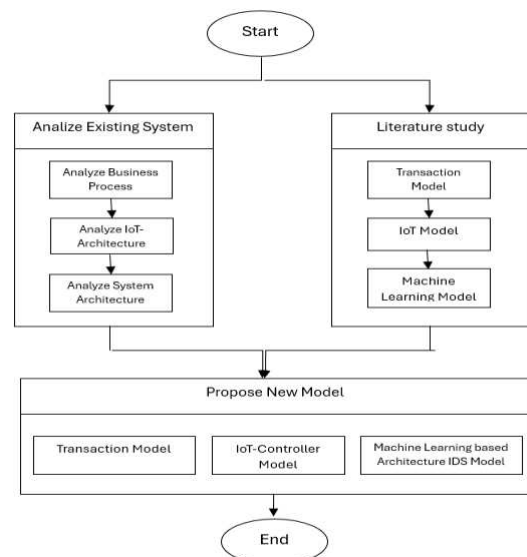
Sistem deteksi intrusi atau *Intrusion Detection System* (IDS) adalah suatu sistem untuk mendeteksi kemungkinan intrusi pada suatu jaringan perangkat komputer. Hal ini memungkinkan terjadi juga pada jaringan perangkat IoT dengan cara mengaudit data jaringan, lalu lintas jaringan, informasi, *security log*, dan parameter-parameter lain sesuai dengan kebutuhan

sistem deteksi intrusinya. Oleh karena itu, diperlukan dataset referensi relevan sesuai dengan kebutuhan sistem (Nugroho et al., 2020).

Pada penelitian ini peneliti mengajukan sebuah Model IDS pada konsumsi listrik di rumah sehari-hari dengan dukungan pendekatan *Machine Learning*. Pendekatan *Machine Learning* ini menggunakan model *unsupervised*, dan model *supervised*. Pada kebiasaan konsumsi listrik terjadinya nilai data listrik yang fluktuatif secara ekstrem dapat dikategorikan sebagai perilaku abnormal dan hal ini menjadi indikator anomali pada model IDS yang diusulkan (Qaddoori & Ali, 2022). Akan tetapi, pada pengembangan sistem pemantauan konsumsi energi listrik belum terbentuk *labeling* kategori dari dataset yang menunjukkan perilaku normal maupun anomali penggunaan listrik sehingga model IDS menggunakan algoritma *unsupervised learning* seperti *Isolation Forest* untuk memberikan label terhadap penggunaan listrik tersebut. Setelah dataset memiliki label perilaku maka algoritma *supervised learning Random Forest* digunakan untuk mendeteksi anomali pada data konsumsi listrik secara *real-time*.

METODE PENELITIAN

Gambar 1 memberikan deskripsi pendekatan dalam penelitian digunakan untuk mengembangkan model arsitektur sistem *smart home* ini adalah dengan menganalisis kondisi sistem penggunaan energi listrik rumahan sehari-hari terhadap semua perangkat yang biasa digunakan dan melakukan perubahan teknologi sistem pemantauan energi listrik dengan menerapkan konsep IoT dan penggunaan algoritma *Machine Learning* yang sesuai dengan kebutuhan efisiensi sistem.



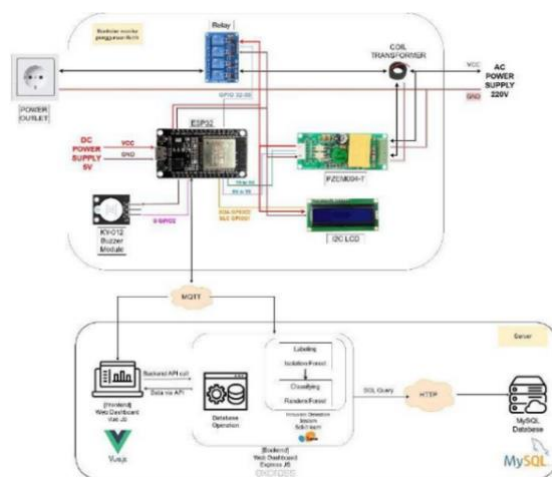
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hal pertama yang dilakukan adalah menganalisis dan mengidentifikasi sistem pemantauan energi listrik saat ini. Proses analisis dimulai dari menganalisis proses bisnis sistem pemantauan energi listrik di rumah dengan mempelajari arsitektur jaringan listrik yang bisa dimanfaatkan untuk penggunaan *smart home* berbasis IoT.

Hal kedua adalah melakukan studi pustaka mengenai penerapan teknologi IoT yaitu mengenai Sensor/Aktuator, *Micro Controller Unit* dan arsitektur Sistem integrasi *smart home* yang sesuai serta pendekatan algoritma *machine learning* yang sesuai kebutuhan. Proses terakhir adalah melakukan perubahan teknologi pada sistem dengan menerapkan teknologi IoT dan penggunaan *machine learning* dalam komputasi dengan menghasilkan arsitektur sistem integrasi pemantauan energi listrik, Arsitektur sistem kontroler yang disesuaikan dengan kebutuhan bisnis proses pemantauan energi listrik rumahan secara efektif dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik

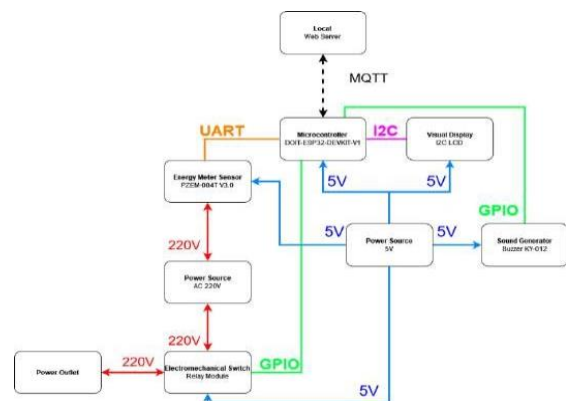


Gambar 2. Desain Arsitektur Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik

Pada Gambar 2, rangkaian desain arsitektur sistem pemantauan pemakaian energi listrik berbasis IoT memberikan hasil pembacaan dari kontroler IoT akan dikirimkan ke server menggunakan protokol MQTT. Lalu, data tersebut akan diterima oleh *front-end* yang dikembangkan menggunakan *Vue javascript* untuk ditampilkan pada *web dashboard*, dan diterima oleh *back-end* yang dikembangkan menggunakan *Express javascript* agar data dapat diolah. Data yang diterima oleh *back-end* dikirim ke *database MySQL*

melalui *query* yang telah disesuaikan dan juga akan diolah lebih lanjut oleh sistem IDS dengan bantuan algoritma *Isolation Forest* dan *Random Forest* yang terdapat pada library Scikit-learn. Hasil olah data dapat ditampilkan pada *front-end* melalui *Application Programming Interface (API)* yang telah dirancang.

Arsitektur Fisik Kontroler berbasis IoT



Gambar 3. Arsitektur Fisik Kontroler Berbasis IoT



Gambar 4. Prototipe Alat yang Sudah Dirakit

Arsitektur fisik kontroler pada Gambar 3 memberikan gambaran rancangan rangkaian fisik kontroler berbasis *Internet of Things (IoT)* berdasarkan arsitektur sistem pada Gambar 1 yang dapat membantu dalam simulasi perakitan modul dan kontroler. Kontroler menggunakan MCU Arduino ESP32 Devkit V1. Modul kontroler IoT yang dirakit, ditunjukkan pada Gambar 4 menjadi prototipe alat menggunakan media *breadboard* dan aktivitas observasi konsumsi energi listrik berdasarkan pemakaian perangkat elektronik yang terhubung ke terminal stop kontak yang ada pada gambar tersebut. Untuk mendeteksi arus, kabel yang dimiliki oleh terminal dapat ditaruh melalui *coil transformer (CT)*, alat ini merupakan kelengkapan bawaan dari modul PZEM-004T V3.0 (Harahap et al., 2020).

Tabel 1. Pemetaan PIN I/O modul dan kontroler

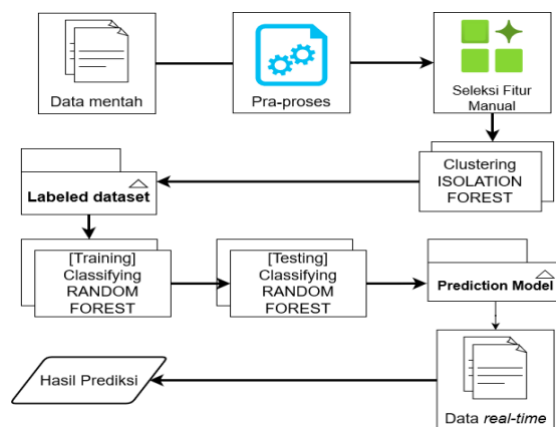
Modul	Pin I/O	Pin Kontroler
Visual Display I2C LCD	GND VCC SDA SCL	GND 5V SDA SCL
Buzzer KY-012	- S	GND GPIO2
PZEM-004T V3.0	GND VCC RX TX	GND 5V RX2 TX2
Electromechanical Switch Relay	GND VCC IN1 IN2	GND VCC GPIO32 GPIO33

Pada rangkaian kontroler IoT yang ditunjukkan Gambar 3 dan dengan pemetaan detail tiap sensor pada Tabel 1, PZEM-004T V3.0 yang merupakan modul sensor multifungsi (Harahap et al., 2020) membaca konsumsi listrik dengan beberapa keluaran seperti besaran arus, daya, tegangan, energi, frekuensi, dan *power factor*. Sebagian parameter yang sesuai dengan kebutuhan akan ditampilkan pada Visual Display I2C LCD dan keseluruhan data akan dikirimkan ke local server melalui protokol *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*. *Electromechanical switch relay* berfungsi untuk mengatur aliran arus listrik sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna. Selanjutnya, *buzzer KY-012* digunakan untuk memberi peringatan apabila sistem memiliki beban daya lebih dari batasan yang telah didefinisikan oleh pengguna sebelumnya atau apabila terjadi adanya intrusi yang terdefinisi oleh model *machine learning* yang telah dijelaskan sebelumnya.

Model Intrusion Detection System (IDS) berbasis Machine Learning

Berdasarkan rancangan model *Intrusion Detection System* yang diperlihatkan pada Gambar 5 dibawah, proses pengembangan model akan diawali oleh pengumpulan *dataset* mentah yang berasal dari data telemetri sistem kontroler berbasis IoT berupa konsumsi energi listrik yang bertujuan untuk kebutuhan *training* dan *testing* model. Dataset tersebut akan melalui praproses untuk menangani records yang memerlukan perbaikan seperti nilai-nilai kosong (NULL), lalu akan dilakukan Proses *Autolabeling* yang merupakan *clustering* menggunakan algoritma *Isolation Forest* dengan fitur-fitur kelistrikan yang

relevan. Lalu, dataset yang telah berhasil diberi label akan digunakan untuk keperluan *training* dan *testing* klasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest*. Apabila performa model telah dianggap cukup baik, maka akan dipergunakan untuk memprediksi label konsumsi listrik secara *real-time*.



Gambar 5. Rancangan Model *Intrusion Detection System* untuk Pemantauan Konsumsi Energi Listrik

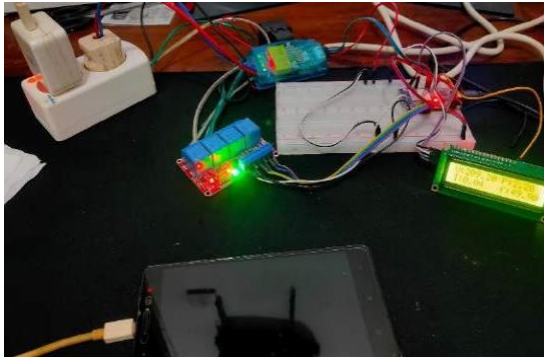
Pengujian Model Sistem

Setelah perancangan prototipe perangkat dinyatakan selesai maka akan diuji dengan memberikan beban perangkat elektronik yang umum ditemukan di rumah tangga. Kemudian, apabila sistem berhasil mendeteksi besaran data listrik dari beban yang terhubung, maka akan diuji terhadap perilaku anomali dan normal menggunakan model IDS yang telah dibangun. Pengujian dianggap selesai apabila model IDS berhasil memilah perilaku anomali dan normal.

Setelah perakitan prototipe alat monitoring konsumsi energi listrik menggunakan modul I2C LCD; PZEM-004T; Buzzer KY-012; Mechanical switch relay selesai dan berhasil berfungsi setelah dihubungkan ke terminal stop kontak, maka selanjutnya adalah menghubungkan konektivitas MQTT, HTTP, dan fungsional server. Selanjutnya, dapat dilakukan pengujian terhadap sistem dengan langkah sebagai berikut.

- 1) Memberikan beban listrik terhadap sistem dengan menghubungkan perangkat elektronik
- 2) Menyimpan hasil pencatatan konsumsi energi listrik pada *database*
- 3) Melakukan pemantauan hasil pencatatan konsumsi daya listrik pada LCD, *front-end* dan *database*
- 4) Mengembangkan model IDS berbasis *machine learning* dengan sumber data dari hasil pencatatan yang sudah tersimpan
- 5) Melakukan evaluasi terhadap model IDS

Gambar 6 menunjukkan gambaran faktual pengujian prototipe alat pemantauan konsumsi energi listrik yang sedang diuji dengan diberi beban energi berupa satu perangkat *phone charger*.

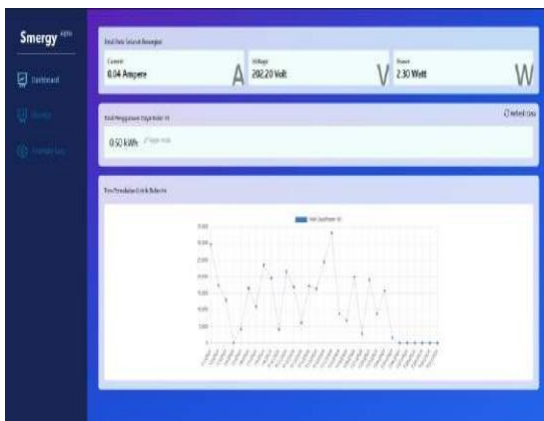


Gambar 6. Rangkaian Prototipe Alat Keseluruhan



Gambar 7. Tampilan Data Sekilas pada I2C LCD

Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat LCD seperti pada Gambar 7, sistem berhasil merekam data konsumsi energi listrik dan menampilkannya pada I2C LCD.



Gambar 8. Tampilan Awal Aplikasi Berbasis Web

Gambar 8 merupakan tampilan *front-end* dari aplikasi berbasis web bernama Smergy. Aplikasi ini bertujuan agar pengguna dapat melihat data konsumsi listrik secara *real-time*, mengetahui jumlah konsumsi daya harian, dan juga dapat melihat data rekaman yang bersifat intrusi. Berdasarkan hasil pengujian *front-end*

juga turut berhasil menampilkan data hasil perekaman data konsumsi energi listrik. Lalu, *back-end* juga berhasil menyimpan seluruh hasil rekaman pada struktur *database* yang dapat dilihat pada Gambar 9.

	data_id	device_id	voltage	current	power	energy	frequency	power_factor	created_at
	8158	D4.8A.FC.60.47.50	207.1	0.0030096	10.2	1.032	50	0.59	2024-05-19 23:04:00
	8159	D4.8A.FC.60.47.50	207	0.003	10.1	1.032	50	0.57	2024-05-19 23:04:00
	8160	D4.8A.FC.60.47.50	207.5	0.0030091	10.5	1.032	49.9	0.61	2024-05-19 23:04:11
	8161	D4.8A.FC.60.47.50	207.5	0.003	10.5	1.032	50	0.6	2024-05-19 23:04:11
	8162	D4.8A.FC.60.47.50	208.2	0.003	10.6	1.032	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:21
	8163	D4.8A.FC.60.47.50	208.6	0.0030091	10.8	1.032	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:25
	8164	D4.8A.FC.60.47.50	208.2	0.003	10.5	1.033	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:31
	8165	D4.8A.FC.60.47.50	207.8	0.003	10	1.033	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:35
	8166	D4.8A.FC.60.47.50	208.1	0.003	10.7	1.033	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:41
	8168	D4.8A.FC.60.47.50	208.1	0.003	10.7	1.033	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:51
	8169	D4.8A.FC.60.47.50	208.1	0.003	10.7	1.033	49.9	0.6	2024-05-19 23:04:51

Gambar 9. Data Hasil Rekaman pada PHPMyAdmin

Pengujian Model IDS berbasis *Machine Learning*

Untuk keperluan pemberian label perilaku anomali dan normal pada setiap rekaman maka akan digunakan algoritma *Isolation Forest* (IF). *Isolation Forest* merupakan algoritma dari *unsupervised learning* dengan metode berbasis isolasi dengan cara memisahkan isi dataset (Togbe et al., 2020). Istilah *'isolation'* pada *Isolation Forest* memiliki arti 'memisahkan suatu hal dari hal lainnya' dan karena hal yang bersifat anomali cenderung sedikit dan berbeda dari hal yang bersifat normal, maka anomali akan cenderung lebih mudah untuk diisolasi (Liu et al., 2008). *Labeling* menggunakan algoritma ini diterapkan ke 33.863 baris data hasil perekaman monitoring konsumsi energi listrik dengan memilih seluruh fitur.

```
if_label
normal      30442
anomaly     3421
Name: count, dtype: int64
```

Gambar 10. Hasil Labeling *Isolation Forest*

Proses pemberian label menggunakan enam fitur hasil perekaman sensor yaitu tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan *power factor* dan menghasilkan hasil yang terlihat pada Gambar 10 yaitu label yang bersifat anomali yaitu 3421 atau sekitar 11 persen dari keseluruhan dataset.

Proses selanjutnya yaitu mengklasifikasi dataset dengan menggunakan algoritma *Random Forest* yang bersifat *supervised learning* dengan *training* dan

testing yang berdasarkan label dari hasil pengembangan model oleh *Isolation Forest*. Dari 33.863 baris data keseluruhan, 33 persen akan digunakan untuk keperluan *testing* dan 67 persen akan digunakan untuk keperluan *training*. Terakhir akan dilakukan evaluasi model IDS ini.

Pengujian terhadap model IDS ini diaplikasikan dalam tiga skenario beban energi listrik yaitu ketika kontroler menerima besaran energi dengan nilai NAN; sensor mendeteksi konsumsi listrik yang normal; dan sensor mendeteksi konsumsi listrik yang tinggi.

```
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
Device D4:8A:FC:60:47:60 has sensor error
```

Gambar 11. Output Skenario Energi Listrik Dengan Nilai NAN

Gambar 11 menunjukkan skenario apabila kontroler memiliki nilai NAN pada fitur-fitur energi listrik dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti terjadinya *short circuit*, modul PZEM-004T V3.0 yang mengalami malfungsi, atau faktor lain yang turut berkontribusi terhadap gangguan sistem tersebut. Pada skenario ini, sistem akan memberikan keluaran seperti pada gambar 9 serta menyalakan modul buzzer KY-012.

```
Nilai distribusi 'Daya' pada dataset:
count    33863.00
mean      14.93
std       15.34
min        0.60
25%        6.80
50%       16.10
75%       17.40
max       359.20
Name: power, dtype: float64
```

Gambar 12. Nilai Distribusi pada Fitur Daya

Gambar 12 menunjukkan Nilai distribusi daya konsumsi energi listrik yang digunakan. Berdasarkan nilai rata-rata daya dari distribusi dalam dataset, data ini tersusun atas sebagian besar hasil rekaman konsumsi perangkat elektronik berdaya rendah yang umum ditemukan di rumah tangga. Oleh karena itu, perangkat elektronik berdaya rendah merupakan skenario konsumsi listrik yang normal pada penelitian ini.

Tabel 2. Hasil Output IDS Skenario Konsumsi Listrik Normal

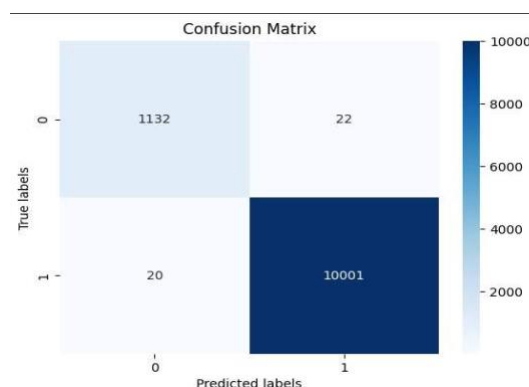
Item	Nilai
Voltage	199.8
Current	0.05
Power	4.1
Energy	1.26
Frequency	50
Power_factor	0.41
Label	normal

Hasil pengujian terhadap skenario konsumsi listrik yang normal seperti pada Tabel 2, memperlihatkan bahwa sistem berhasil mendeteksi konsumsi perangkat elektronik berdaya rendah dan model dapat memberikan label yang sesuai.

Tabel 3. Hasil Output IDS Skenario Konsumsi Listrik Tinggi

Item	Nilai
Voltage	196.7
Current	0.77
Power	139
Energy	1.35
Frequency	49.9
Power_factor	0.92
Label	anomaly

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian terhadap skenario konsumsi listrik tinggi memperlihatkan bahwa sistem berhasil mendeteksi konsumsi perangkat elektronik berdaya tinggi dan model dapat memberikan label yang sesuai yaitu 'anomali'.



Gambar 13. Confusion Matrix Random Forest Classifier

Gambar 13 menunjukkan evaluasi model memperlihatkan bahwa akurasi dari prediksi dari sistem klasifikasi oleh algoritma Random Forest terhadap dataset untuk *testing* memberikan hasil yang cukup baik dengan nilai seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Model

Metrik	Nilai
Akurasi	99.63%
F1	99.63%
Precision	99.63%
Recall	99.63%

Setelah model dianggap telah berhasil memberikan hasil yang cukup baik maka IDS akan diintegrasikan dengan *back-end* sehingga bisa mendeteksi data yang bersifat anomali secara *real-time*.

KESIMPULAN

Perancangan Model IDS sistem smarthome pemantauan konsumsi energi listrik berbasis IoT menggunakan mikrokontroler Arduino ESP32 devkit V1, modul PZEM-004T V3.0, I2C LCD Display, buzzer KY-012, mechanicalswitch relay memberikan evaluasi model dengan akurasi cukup baik untuk digunakan yaitu 99,63%. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa sistem dapat digunakan untuk mendeteksi intrusi atau loncatan pemakaian energi yang abnormal dari besaran konsumsi energi listrik, sistem juga dapat menyimpan dan menampilkan hasil pembacaan pada I2C LCD dan *front-end* aplikasi berbasis web. Pada penelitian ini, data konsumsi energi listrik juga dapat diklasifikasi terkait sifat penggunaannya dengan membangun sebuah *Intrusion Detection System* menggunakan dua algoritma *machine learning* yaitu *Isolation Forest* dan *Random Forest*.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian di masa depan adalah membangun model IDS dengan dataset yang lebih banyak agar evaluasi dapat dilakukan di skenario yang lebih besar seperti penggunaan di rumah sakit, perkantoran, dan sebagainya. Lalu, pengembangan prototipe juga dapat dilanjutkan dengan memberikan modul pendukung dan alat dilindungi dengan casing agar lebih aman dan bagus untuk dilihat. Penerapan model IDS yang sudah diuji dengan baik seyogyanya dapat diintegrasikan dengan *back-end* sehingga bisa mendeteksi data yang bersifat anomali secara *real-time*.

DISEMINASI

Artikel ini telah diseminasikan pada Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SEMNASITIK) APTIKOM Tahun 2024 yang diselenggarakan oleh Universitas Methodist Indonesia pada tanggal 24-26 Oktober 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Listrik 2017-2021*.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx)*, 2(3).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). *Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita [Siaran Pers]*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- Liu, F. T., Ting, K. M., & Zhou, Z.-H. (2008). Isolation Forest. *2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining*, 413–422. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.17>
- Lulu Sabillah, & Hidayat, R. (2023). Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Pada Kamar Kost Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things. *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 1(2). <https://doi.org/10.58291/komets.v1i2.104>
- Nugroho, E. P., Djatna, T., Sitanggang, I. S., Buono, A., & Hermadi, I. (2020). A Review of Intrusion Detection System in IoT with Machine Learning Approach: Current and Future Research. *2020 6th International Conference on Science in Information Technology: Embracing Industry 4.0: Towards Innovation in Disaster Management, ICSITech 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICSITech49800.2020.9392075>
- Qaddoori, S. L., & Ali, Q. I. (2022). An embedded intrusion detection and prevention system for home area networks in advanced metering infrastructure. *IET Information Security*. <https://doi.org/10.1049/ise2.12097>
- Sadhu, P. K., Yanambaka, V. P., & Abdelgawad, A. (2022). Internet of Things: Security and Solutions Survey. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/s22197433>
- Sahroni, A., Manggala Aji, B., Fauzi Satria Negara, A., & Fauzan Permana, H. (2020). KOMET: Kwh Meter Listrik Digital Berbasis IoT. *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 05(03).
- Statista. (2023). *Smart Home - Worldwide*. <https://www.statista.com/outlook/dmo/smart-home/worldwide>
- Suarna, D., & Edy, E. S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Memonitoring Konsumsi Listrik. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 4(2). <https://doi.org/10.47065/bit.v4i2.631>

- Susantok, M., Noptin Harpawi, & Muhammad Diono. (2022). Sistem Kendali Cerdas Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Metode Eliminasi Nilai Tertinggi Berbasis IoT. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 8(2).
<https://doi.org/10.35143/elementer.v8i2.5552>
- Togbe, M. U., Barry, M., Boly, A., Chabchoub, Y., Chiky, R., Montiel, J., & Tran, V. T. (2020). Anomaly Detection for Data Streams Based on Isolation Forest Using Scikit-Multiflow. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12252 LNCS.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-58811-3_2