

# SMARTIK: ARSITEKTUR SISTEM MONITORING PENGGUNAAN LISTRIK DENGAN DETEKSI ANOMALI ISOLATION FOREST

Satrio Yudho<sup>1\*</sup>, Darma Rusjdi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Institut Teknologi PLN; Jl. Lingkar Luar Barat, Cengkareng Jakarta Barat; 0215440342

**Keywords:**  
SMARTIK;  
Monitoring Listrik;  
Deteksi Anomali;  
Isolation Forest.

**Correspondent Email:**  
satrio@itpln.ac.id

**Abstrak.** Mengawasi penggunaan Listrik dengan adalah kebutuhan yang penting bagi konsumen listrik. Jalur instalasi Listrik yang terpasang di pelanggan didistribusikan melalui Miniature Circuit Breaker (MCB) ke setiap area atau ruangan yang ada dan kemudian digunakan untuk berbagai peralatan elektronika. Tantangan untuk menghadirkan sistem yang bisa mengetahui dan melihat pola penggunaan listrik dan anomalnya berdasarkan data time series yang ada di setiap jalur berpeluang untuk mendukung penggunaan listrik yang bijaksana. Tujuan penelitian ini adalah membangun arsitektur sistem monitoring penggunaan listrik yang kemudian disebut dengan SMARTIK. Keunggulan yang diusulkan oleh SMARTIK adalah deteksi anomali penggunaan energi listrik yang dibaca dari setiap jalur instalasi listrik yang ada. Deteksi anomali dilakukan menggunakan metode *machine learning* yaitu *Isolation Forest*.



Copyright © **JITET** (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

**Abstract.** *Monitoring electricity usage is important for electricity consumers. The electrical installation lines installed at the customer's premises are distributed via Miniature Circuit Breakers (MCBs) to each existing area or room and are then used for various electronic equipment. The challenge of presenting a system that can identify and view electricity usage patterns based on time series data on each route has the potential to support wise electricity use. The aim of this research is to build an electricity usage monitoring system architecture which is then called SMARTIK. The advantage proposed by SMARTIK is the detection of electrical energy usage anomalies, which are read from each existing electrical installation line. Anomaly detection is performed using a machine learning method, namely a Isolation Forest.*

## 1. PENDAHULUAN

Pengawasan penggunaan listrik umumnya dilakukan dengan melihat jumlah penggunaan energi listrik pada akhir periode tertentu. Penggunaan Listrik secara periodik direpresentasikan dengan nilai kWh(kilo-Watt hour) yang juga merupakan akumulasi penggunaan energi dan didapatkan pada dari pencatat meter[1]. Teknologi meter listrik cerdas sudah dirilis untuk masyarakat dari berbagai produsen seperti ABB Smart

energy[2],Tuya Smart Energy-savings[3] dan SmartMeter Indonesia[4]. Definisi cerdas dalam produk tersebut merujuk kepada kemampuan alat dalam membaca akumulasi penggunaan energi listrik dari saluran utama kemudian menambahkan aspek analitikal terkait konsumsi energi saja, sementara dalam membaca pola penggunaan dari setiap jalur instalasi listrik secara periodik dan mengenali kejanggalan atau anomali dalam penggunaan

energi listrik adalah ruang lingkup yang berpeluang untuk dikembangkan.

Untuk mengisi permasalahan tersebut, diperlukan pembentukan sebuah sistem dengan arsitektur yang didesain khusus untuk membaca setiap jalur instalasi listrik dan membaca data secara berkala serta melakukan fungsi analisis untuk mengenali pola serta anomali.

Tujuan dari Penelitian ini adalah menghasilkan sebuah pengembangan arsitektur sistem yang mampu membaca konsumsi listrik dari setiap jalur instalasi listrik yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya[5][6], dan menjalankan fungsi analisis untuk deteksi anomali dalam penggunaan energi menggunakan *Isolation Forest* yang merupakan bagian dari *Deep Learning*.

Penelitian ini menggunakan konsep desain arsitektur *Internet of Things* (IoT) dengan tiga komponen penting yaitu, 1. *Layer Application* (Aplikasi,) 2. *Layer Network* (Jaringan komunikasi) dan 3. *Layer Perception* (Pengumpulan Data)[7] yang disesuaikan ulang dengan arsitektur yang diusulkan.

SMARTIK bertujuan untuk mendukung modernisasi ekosistem ketenagalistrikan dari sisi manajemen penggunaan energi ditingkat pengguna. Selain itu, data yang dihasilkan oleh sistem ini dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan sistem lain yang relevan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sistem Arsitektur IoT

Arsitektur *Internet of Things* (IoT) terdiri dari berbagai komponen yang membentuk sistem, prinsip utama komponen tersebut adalah *Application*, *Processing and Storage* dan *Perception* [8] dan susunan sistem yang lebih detail terdiri dari *Application*, *Integration Middleware*, *Gateway*, *Device Driver*, *Sensor* dan *Actuator* [7].

### 2.2. Monitoring Daya Listrik

Monitoring atau pengawasan terhadap penggunaan listrik bertujuan untuk mengetahui konsumsi energi yang digunakan pada setiap waktu. Monitoring daya listrik telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya untuk mengetahui konsumsi energi dari setiap ruangan[5].

Konsumsi energi dihitung dalam Watt dan kWh dengan formulasi sebagai berikut.

$$Watt = V \cdot I \quad (1)$$

Dalam perhitungan Watt,  $V$  merupakan nilai Voltase dan  $I$  adalah Arus.

$$kWh = \frac{Watt \cdot pemakaian (Jam)}{1000} \quad (2)$$

kWh didapatkan dengan menghitung nilai Watt dan durasi pemakaian energi dalam periode.

### 2.3. Deteksi Anomali

Anomali didefinisikan sebagai sebuah keadaan yang menyimpang dari normal. Dan, deteksi Anomali adalah sebuah proses untuk mengenali data yang tidak biasa dari data wajar. Deteksi Anomali merupakan bagian penting dalam pengembangan pembelajaran mesin yang akan terus ditingkatkan[9]. Penelitian terkait anomali dalam pengembangan IoT menunjukkan bahwa ada dua kategori anomali dalam sistem IoT yaitu pada Aplikasi dan Jaringan[10]. Dan untuk penerapan deteksi anomali dalam energi dan listrik untuk mendukung kepada pembentukan *smart city* dipublikasikan oleh sharma[11].

### 2.4. Isolation Forest

Deteksi Anomali dalam data dilakukan dengan melihat pola data yang memiliki kecenderungan berbeda dengan kelompok data lainnya. Algoritma *Isolation Forest* bekerja dengan prinsip melihat anomali dari data dengan nilai sedikit dan berbeda dari kelompok data yang dievaluasi.

Algoritma *Isolation Forest* diperkenalkan oleh Liu[12] dengan tujuan untuk pengembangan dari bentuk *decision tree* dalam pencarian data. Bentuk formal adalah sebagai berikut:

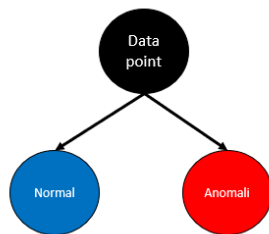
$$S(x, m) = 2^{-E(h(x))/c(m)} \quad (1)$$

Deteksi anomali dilakukan dengan mengukur Skor (*Score*) dari data point yang berada dalam *dataset*.  $S$  adalah parameter Skor,  $x$  adalah data point,  $m$  adalah jumlah point. Dan untuk melakukan isolasi terhadap data yang dianggap anomali dilakukan dengan  $E(h(x))$  serta penelusuran kedalaman menggunakan  $c(m)$ .

Penggunaan *Isolation Forest* untuk deteksi anomali dalam data time series pada lalu lintas jaringan komunikasi data mendapatkan skor akurasi 50 persen untuk

volume data yang besar[13] dan deteksi anomali untuk lalu lintas penggunaan aplikasi berbasis web mendapatkan akurasi 90 persen[14], untuk kontrol sistem industri[15] dan pengawasan lingkungan untuk pengelolaan lahan[16].

Skema Isolation Forest yang digunakan dalam SMARTIK ini melakukan identifikasi dengan dua kriteria yaitu Normal atau Anomali, dalam kumpulan data atau Data Point setiap data bisa masuk dalam salah satu kriteria. Setiap tindakan deteksi dilakukan secara penelusuran menyeluruh berdasarkan keterkaitan data. Skema tersebut ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Skema Isolation Forest

Data Point merupakan kumpulan dari data yang menjadi sumber untuk analisis dan deteksi anomali, data ini tersusun atas dua nilai yaitu, kWh dan Jumlah instalasi listrik yang terdapat dalam jaringan.

Persamaan matematika dari nilai tersebut adalah.

$$D = \sum_{i=1}^n r_i \quad (3)$$

$D$  merupakan variabel untuk kumpulan data (*dataset*) dan  $i$  adalah nilai kWh dari setiap jalur listrik yang direpresentasikan dengan variabel  $r$ .

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan CRISP-DM atau *Cross Industry Standard Process for Data Mining*[17]. Metode ini adalah acuan dalam kegiatan penelitian terkait pembelajaran mesin atau data mining. Susunan tahapan metodologi diuraikan sebagai berikut:

#### 3.1. Pemahaman Ruang Lingkup (Business understanding)

Analisis Permasalahan dilakukan dengan melakukan identifikasi terhadap kebutuhan dari sistem yang akan diusulkan. Berdasarkan dari penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan monitoring energi listrik sebelumnya[18], [19] bahwa mengetahui lebih dalam dari nilai konsumsi listrik menjadi kebutuhan yang penting untuk mendukung manajemen penggunaan energi.

#### 3.2. Pemahaman Data (Data Understanding)

Pemahaman data bertujuan untuk menajamkan bentuk data untuk dapat diolah ketahapan selanjutnya.

Tabel 1. Data Konsumsi Energi

| Waktu         | kWh |
|---------------|-----|
| November 2025 | 920 |
| Desember 2025 | 938 |
| Januari 2026  | 890 |

Secara umum, data konsumsi energi listrik dinilai dalam satuan kWh yang merupakan akumulasi penggunaan energi berdasarkan waktu atau durasi. Untuk mendapatkan tujuan deteksi anomali, perlu dilakukan persiapan data dengan bentuk yang lebih detail.

#### 3.3. Persiapan Data (Data Preparation)

Persiapan data adalah proses dalam membentuk struktur data yang diperlukan dalam proses deteksi anomali.

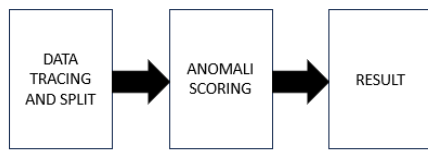
Tabel 2. Data Konsumsi Detail

| Waktu                  | Watt    |         |         |
|------------------------|---------|---------|---------|
|                        | Jalur 1 | Jalur 2 | Jalur 3 |
| 01<br>November<br>2025 | 200     | 100     | 60      |
| 02<br>November<br>2025 | 100     | 90      | 200     |

Tabel 2. Adalah bentuk data yang sudah dipersiapkan untuk diolah dalam deteksi anomali, data terdiri dari dua kelompok utama yaitu waktu dan konsumsi daya dari setiap jalur instalasi listrik, indeks atau urutan jalur instalasi diberikan label unik berupa indikator angka untuk membedakan setiap jalur.

#### 3.4. Pembuatan model (Modelling)

Model yang diusulkan dalam SMARTIK ditunjukkan dalam Gambar 2.

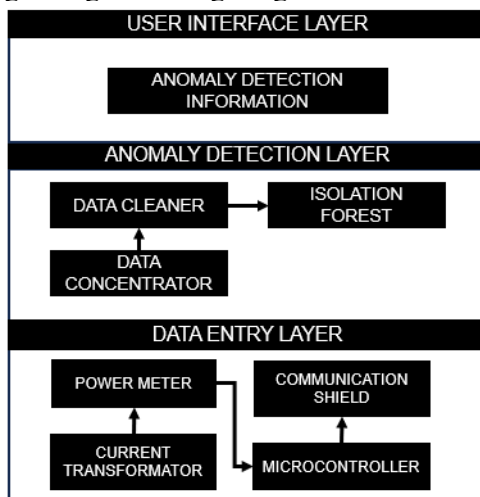


Gambar 2. Model Deteksi Anomali

Data Tracing dan Split adalah proses dalam menelusuri data point dan memisahkan antara data yang terdeteksi sebagai anomali dan bukan anomali. Kemudian tahap berikutnya adalah pemerinkatan skor anomali terhadap data tersebut. Dan tahap akhir adalah hasil dari deteksi anomali.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah desain SMARTIK yang terbagi dalam tiga bagian utama.



Gambar 3. Desain SMARTIK

Pada Gambar 3. Diatas, tiga bagian utama adalah Data Entry Layer, Anomaly Detection Layer dan User Interface Layer.

*Data Entry Layer* terdiri dari komponen *Perception* yaitu *Power Meter*, *Current Transformer*, *Microcontroller* serta *communication Shield*. Fungsi ini berperan penting dalam membaca data energi listrik yang dikonsumsi oleh beban (*load*) pada setiap jalur instalasi listrik.

Anomaly Detection Layer, bagian yang berperan untuk memastikan model deteksi anomali berjalan dengan benar. Data Concentration berfungsi sebagai penampung data yang telah didapatkan dari Data Entry Layer, data dikumpulkan dengan format yang telah dibentuk sesuai dengan kebutuhan analisis. Kemudian *Data Cleaner* berperan dalam membersihkan data yang dinilai kurang

lengkap atau rusak. Dan tahap terakhir adalah proses deteksi anomali dengan model *Isolation Forest*.

*User Interface Layer*, berperan untuk menampilkan informasi yang berisi hasil deteksi yang dilakukan oleh layer sebelumnya. Informasi berisi tampilan data yang dianggap normal dan anomali.

Desain SMARTIK diharapkan akan memberikan kontribusi pengembangan dalam mendukung manajemen penggunaan energi menggunakan deteksi anomali lebih dari sekedar monitoring penggunaan daya.

#### 5. KESIMPULAN

SMARTIK adalah desain sistem yang dirancang untuk mendukung pengelolaan atau manajemen penggunaan energi listrik. Pembacaan konsumsi energi listrik dilakukan secara detail dari setiap instalasi jaringan yang ada.

Peran deteksi anomali adalah fitur yang membedakan antara penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dalam referensi ini.

Untuk penelitian selanjutnya adalah pengembangan purwarupa dari SMARTIK serta pengujian dalam Laboratorium untuk mendapatkan *proof of concept*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi PLN dalam dukungan Fasilitas dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. PERSERO, "PLN Hadirkan Meteran Canggih AMI." Accessed: Feb. 02, 2026. [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2023/06/pln-segera-gunakan-ami-tahun-ini-meteran-canggih-yang-bikin-pelanggan-bisa-monitor-penggunaan-listrik-secara-realtime>
- [2] ABB company, "ABB Smart EMS." [Online]. Available: <https://new.abb.com/low-voltage/products/system-pro-m/energy-efficiency-devices/energy-meters>
- [3] Tuya, "Tuya Smart Energy-Saving Solutions." Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.tuya.com/solution/hardware/energy-saving>
- [4] P. S. Meterindo, "SMART METER INDONESIA." Accessed: Jul. 15, 2025. [Online]. Available: <https://smartmeterindo.com//index.php>

- [5] A. Aska, R. Suppa, and M. Muhallim, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IoT," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 2, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6160.
- [6] K. V. N. R. Ummah, S. Suttedjo, M. M. Rifadil, and L. S. Mahendra, "Alat Uji MCB 1 Fasa Instalasi Milik Pelanggan (IML)," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, pp. 141–147, Aug. 2022, doi: 10.23917/emitor.v22i2.19352.
- [7] T. Domínguez-Bolaño, O. Campos, V. Barral, C. J. Escudero, and J. A. García-Naya, "An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 20, p. 100626, 2022, doi: 10.1016/j.iot.2022.100626.
- [8] H. Muccini and M. T. Moghaddam, *IoT architectural styles: A systematic mapping study*, vol. 11048 LNCS. Springer International Publishing, 2018. doi: 10.1007/978-3-030-00761-4\_5.
- [9] E. G. Campolongo *et al.*, "Building Machine Learning Challenges for Anomaly Detection in Science," pp. 1–17, Mar. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2503.02112>
- [10] A. Chatterjee and B. S. Ahmed, "IoT anomaly detection methods and applications: A survey," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 19, no. October 2021, p. 100568, 2022, doi: 10.1016/j.iot.2022.100568.
- [11] B. Sharma, L. Sharma, and C. Lal, "Anomaly Detection Techniques using Deep Learning in IoT: A Survey," *Proc. 2019 Int. Conf. Comput. Intell. Knowl. Econ. ICCIKE 2019*, pp. 146–149, 2019, doi: 10.1109/ICCIKE47802.2019.9004362.
- [12] F. T. Liu, K. M. Ting, and Z.-H. Zhou, "Isolation Forest," in *2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining*, IEEE, Dec. 2008, pp. 413–422. doi: 10.1109/ICDM.2008.17.
- [13] S. Ness, V. Eswarakrishnan, H. Sridharan, V. Shinde, N. Venkata Prasad Janapareddy, and V. Dhanawat, "Anomaly Detection in Network Traffic Using Advanced Machine Learning Techniques," *IEEE Access*, vol. 13, no. January, pp. 16133–16149, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3526988.
- [14] W. Chua *et al.*, "Web Traffic Anomaly Detection Using Isolation Forest," *Informatics*, vol. 11, no. 4, 2024, doi: 10.3390/informatics11040083.
- [15] M. S. Mahmud *et al.*, "Enhancing Industrial Control System Security: An Isolation Forest-based Anomaly Detection Model for Mitigating Cyber Threats," *J. Eng. Res. Reports*, vol. 26, no. 3, pp. 161–173, 2024, doi: 10.9734/jerr/2024/v26i31102.
- [16] M. S. Binetti, V. F. Uricchio, and C. Massarelli, "Isolation Forest for Environmental Monitoring: A Data-Driven Approach to Land Management," *Environ. - MDPI*, vol. 12, no. 4, 2025, doi: 10.3390/environments12040116.
- [17] A. Rianti *et al.*, "CRISP-DM: Metodologi Proyek Data Science," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 107–114, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.uib.ac.id/index.php/Senatib/article/view/3015>
- [18] S. Yudho, "Aplikasi Monitoring Energi SHS Off-Grid Menggunakan Lora," *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 1, pp. 26–32, Jun. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i1.1149.
- [19] S. Yudho, "Conceptual Design of Battery Energy Storage Monitoring System using LoRa," in *2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, IEEE, Sep. 2020, pp. 374–377. doi: 10.1109/iSemantic50169.2020.9234217.