

PERANCANGAN APLIKASI PEMANTAUAN ENERGI LISTRIK BERBASIS IOT DENGAN PROTOKOL MQTT

Hafiizh Asrofil Al Banna¹, Vikri Muhammad Gafar², Muhammad Darwis³,
Retno Hendrowati⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Ilmu Rekayasa, Teknik Informatika, Universitas Paramadina

Jl. Raya Mabes Hankam No.Kav 9, Setu, Kec. Cipayung, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 16680

¹ hafiizh.banna@students.paramadina.ac.id, ² vikri.gafar@students.paramadina.ac.id,

³ muhammad.darwis@paramadina.ac.id, ⁴ hendrowati@paramadina.ac.id

Abstract

In today's era, everyone and every activity undoubtedly rely on the use of technology. As a result, the demand for electrical energy continues to increase in line with population growth, technological advancements, and the proliferation of technological devices. The main issue here is the inefficient and unmonitored use of electrical energy, which can have negative impacts on the environment and its users. Therefore, there is a need to develop an application that can optimize the use of electrical energy. In this research, the author developed an application for monitoring electrical energy usage based on IoT (Internet of Things) and utilizing the MQTT protocol. Some of the devices used in this study include the Arduino microcontroller, current sensor, voltage sensor, converter, and MQTT module. The design of the application used the IoT Design Methodology, and its implementation utilized programming languages such as C++ and PHP, along with a MySQL database based on the Cloud. The application resulting from this research has been tested using a blackbox method with successful results. This indicates that the application can be used to monitor electrical current and voltage.

Keywords : *Arduino, IoT, energy monitoring application, MQTT, electricity*

Abstrak

Pada zaman sekarang siapaun atau kegiatan apapun pastinya tidak lepas dari penggunaan teknologi. Sehingga kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya populasi, perkembangan teknologi, dan banyaknya perangkat teknologi yang digunakan. Permasalahan utamanya yakni penggunaan energi listrik yang tidak batasi dan tidak termonitor dapat menimbulkan dampak negatif berupa pemborosan energi atau membengkaknya biaya penggunaan energi listrik. Maka dari itu perlu dikembangkan suatu aplikasi yang dapat memantau penggunaan energi listrik. Pada penelitian ini, penulis mengembangkan aplikasi untuk memonitor penggunaan energi listrik dengan berbasis IoT dan memanfaatkan protokol MQTT. Beberapa perangkat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Mikrokontroler Arduino, sensor arus, sensor tegangan, *converter* dan modul MQTT. Perancangan aplikasi tersebut menggunakan metode *IoT Design Methodology* dan pengimplementasiannya memanfaatkan bahasa pemrograman C++ dan PHP serta database MySQL berbasis *Cloud*. Aplikasi yang dihasilkan dalam penelitian telah diuji dengan menggunakan metode *blackbox* dengan hasil sukses. Hal tersebut mengisyaratkan bawa aplikasi ini dapat digunakan untuk memonitor arus dan tegangan listrik.

Kata kunci : *Arduino, IoT, Aplikasi Monitoring Energy, MQTT, Listrik*

1. PENDAHULUAN

Dalam era yang semakin berkembang ini, kebutuhan akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan

perkembangan teknologi. Namun, penggunaan energi yang tidak efisien dan tidak termonitor dengan baik dapat menyebabkan pemborosan sumber daya dan menimbulkan dampak negatif pada lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya

solusi yang dapat membantu pengguna untuk memonitoring dan mengoptimalkan penggunaan energi.

Di Indonesia upaya untuk efisiensi energi diatur dalam Undang-Undang (UU) Energi No.30/2007 dan Peraturan Pemerintah (PP) tentang Konservasi Energi. Hal tersebut dimaksudkan agar penggunaan energi di Indonesia sesuai dengan konsep pembangunan yang berkelanjutan [1]. Namun, berdasarkan data dari Kementerian ESDM, pemborosan energi masih tetap tinggi dimana 80% diantaranya disebabkan oleh faktor kelalaian manusia [2], [3], [4], [15]. Lebih jauh, Direktur Konservasi dan Energi Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Kementerian ESDM menjelaskan penyebab pemborosan lainnya adalah penggunaan energi yang tidak efisien dan tidak sesuai kebutuhan. Padahal potensi penghematan konsumsi listrik sektor rumah tangga sebesar 10% setara dengan pembangunan pembangkit listrik tenaga uap berkapasitas 900 Mega Watt (MW) [5].

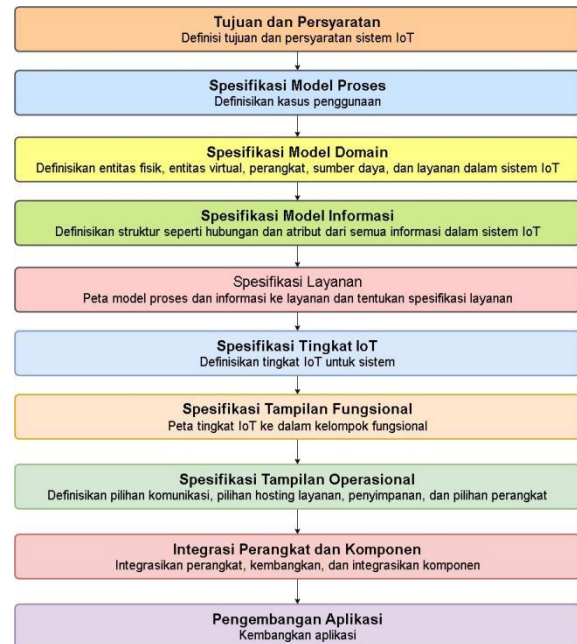
Diperlukan sebuah aplikasi yang dapat membantu masyarakat dalam mengkontrol penggunaan energi listrik yang ada disekitar mereka. Sehingga ketika terjadi suatu kelalaian seperti lupa mematikan lampu, lupa mencabut colokan, atau penggunaan listrik yang tidak diperlukan, pengguna dapat segera mengetahuinya dan mengambil langkah pencegahan pemborosan.

Dalam penilitan ini, penulis memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mengembangkan aplikasi sebagai salah satu solusi yang efektif [13]. IoT memungkinkan perangkat-perangkat yang terhubung untuk saling berkomunikasi dan bertukar informasi secara otomatis [6], [7], [8]. Selain itu, penulis juga menggunakan protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) sebagai broker yang menghubungkan sensor dengan aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini untuk memonitor arus dan tegangan listrik [9], [10], [11], [12], [14]. Dari segi teknis, penulis menggunakan bahasa pemrograman C++ dan PHP serta database MySQLL berbasis Cloud untuk menyelesaikan aplikasi tersebut.

Dengan adanya penelitian ini, penulis dapat membantu masyarakat dalam mengkontrol penggunaan energi disekitar lingkungan mereka dengan demikian pengguna dapat terbantu dalam mengkontrol penggunaan listrik mereka. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mencegah pemborosan dalam menggunakan listrik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Isi Aplikasi pada penelitian ini dikembangkan berdasarkan metodologi desain dan pengembangan aplikasi IoT yang dikemukakan oleh Arshdeep Bahga and Vijay Madiseti [12]. Adapun tahapan penelitian tersebut seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Desain IoT [12]

Berdasarkan Gambar 1, tahapan penelitian dalam penelitian ini yaitu:

A. Purpose and Requirements

Tahapan ini penulis bertujuan menyediakan informasi penggunaan listrik secara *real-time* dan dapat memantau penggunaan listrik secara jarak jauh. Sedangkan persyaratan agar tujuan tersebut dapat dilakukan maka dibutuhkannya sebuah sistem yang dapat mengukur dan merekam data arus dan tegangan listrik selain itu sistem harus terhubung dengan internet.

B. Process and Domain Model Specification

Process dan domain model di tahapan ini penulis mendapatkan hasil dua mode berjalannya aplikasi serta adanya pemberitahuan kepada user jika terdapat naik dan turunnya listrik. Selain itu agar aplikasi dapat berjalan, dibutuhkannya user, aplikasi, alat, peringatan, dan internet.

C. Information Model, Service and IoT Level Specification

Tahapan ini dilakukan dengan menentukan Level IoT dengan melihat struktur dan teknologi yang digunakan. Selain itu, pada fase ini juga

didefinisikan model dan service apa saja yang nantinya terdapat pada aplikasi.

D. Functional and Operational View Specification

Pada tahapan ini, penulis mulai memetakan struktur aplikasi IoT terutama dari segi functional dan operasional. Dalam fase ini, gambaran umum aplikasi serta teknologi yang digunakan akan ditampilkan.

E. Device and Component Integration

Fase ini berisi perangkat dan komponen yang telah di uji sebelumnya. Perangkat dan komponen meliputi METSEPM5100 (sensor), RS485 (converter), WEMOS D1 Mini (micro controller), dan modul MQTT.

F. Application Development

Pada tahapan ini, aplikasi untuk memantau penggunaan energi listrik diimplementasikan, baik dalam bentuk code maupun dalam bentuk user interface. Seluruh service yang telah didefinisikan sebelumnya, dikembangkan dan diintegrasikan satu sama lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Purpose and Requirement

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan aplikasi untuk memantau penggunaan energi listrik. Berikut ini beberapa hal yang mendasari dibuatnya “Aplikasi Monitoring Energi Listrik Berbasis IoT Dengan Protokol MQTT” :

a. Purpose :

Memonitor dan mengumpulkan data energi (Voltage) secara real-time.

b. Behavior :

Sistem memiliki Mode Auto dan Manual. Mode Auto akan mengambil data voltage dari Database. Sedangkan Mode Manual yakni penginputan voltage dari petugas. Keduanya nantinya akan mengirimkan informasi penggunaan listrik secara real time melalui internet.

c. System Management Requirement :

Sistem seharusnya mampu untuk menghubungkan dan mengelola perangkat yang terhubung ke jaringan MQTT.

d. Data Analysis Requirement :

Pengumpulan dan penyimpanan data energi dalam basis data yang terpusat.

e. Application Deployment Requirement :

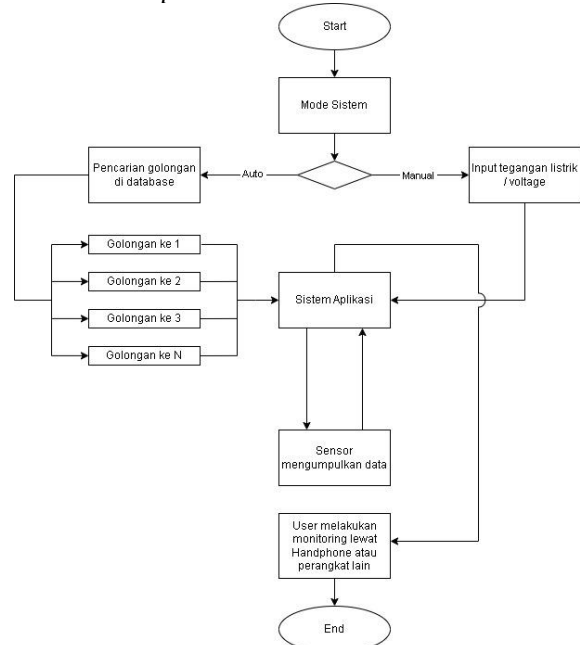
Pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif dan responsif.

f. Security Requirement :

Sistem seharusnya memiliki keamanan data yang kuat dengan enkripsi *end-to-end*.

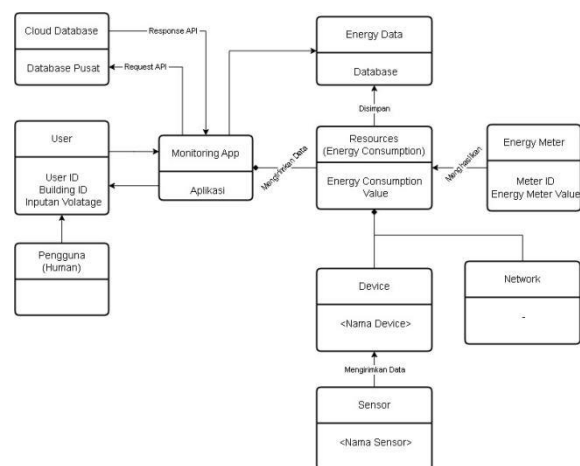
B. Process and Domain Model Specification

Aplikasi memiliki dua mode yakni Otomatis dan Manual lalu diikuti sebuah penyajian informasi tegangan listrik yang dapat diakses melalui *handphone*. Berikut Gambar 2.



Gambar 2. Spesifikasi Proses [12]

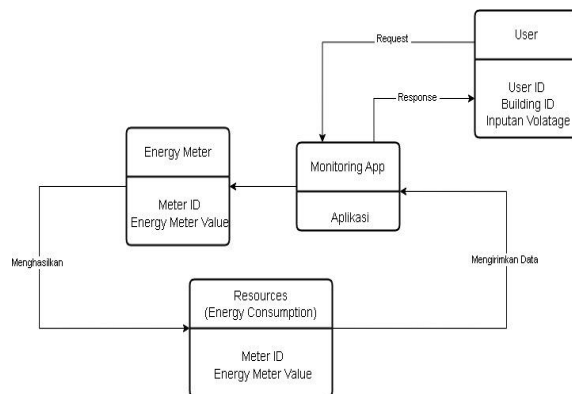
Pada *Domain Model Specification* aplikasi memiliki beberapa komponen utama agar aplikasi dapat berjalan seperti pengguna (*user*), sistem (*monitoring app*), alat (*device*), dan peringatan (*notification*). Model Specification dapat digambarkan dengan Gambar 3:



Gambar 3. Spesifikasi Model Domain [12]

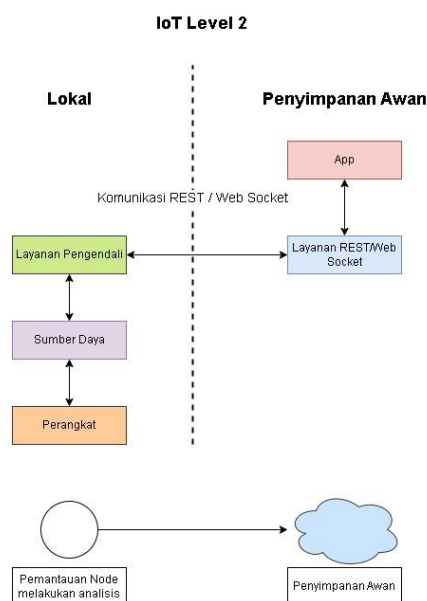
C. Information Model, Service and IoT Level Specification

Pengguna yang menggunakan handphone atau device dan terhubung dengan internet dapat melihat penggunaan listrik secara real time. Selain itu pengguna pengguna dapat memanfaatkan informasi penggunaan tersebut untuk mengetahui perkiraan biaya penggunaan listrik.



Gambar 4. Spesifikasi Model Informasi [12]

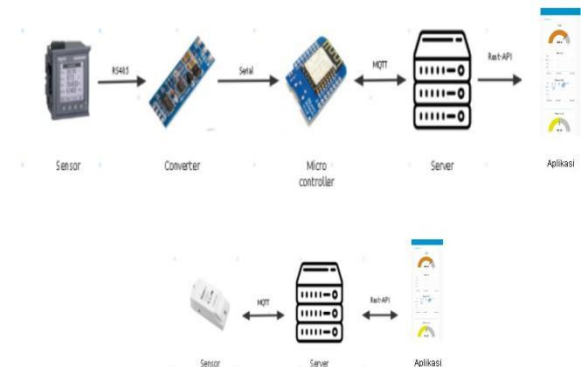
Aplikasi ini menggunakan *IoT Specification Level 2* yakni terdapat satu node yang melakukan penginderaan, tindakan, dan analisis lokal seperti pada Gambar 5. Data disimpan di cloud, namun analisis utama dilakukan secara lokal dan tidak membutuhkan komputasi yang intensif. Dengan pendekatan ini, respons cepat terhadap situasi lokal dapat dicapai sementara data yang terkumpul dapat disimpan dan dianalisis lebih lanjut di awan jika diperlukan.



Gambar 5. Spesifikasi Tingkat IoT [12]

D. Functional and Operational View Specification

Aplikasi menggunakan Level 2 dalam Internet of Things (IoT), fokusnya adalah pada penggunaan dan pengelolaan database lokal dan cloud. IoT Level 2 melibatkan koneksi antara perangkat IoT dengan database lokal di dalam jaringan lokal, serta koneksi dengan database cloud yang dapat diakses melalui internet. Skema umum pada proses Gbr 6. Perangkat Komunikasi dan Sensor :



Gambar 6. Perangkat Komunikasi dan Sensor

E. Device and Component Integration

Terdapat beberapa komponen yang digunakan dan diintegrasikan dalam menyelesaikan penelitian ini, antara lain:

1. Energy Monitoring Device :
 - a. Sensor Arus (*current sensor*) : Digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir pada sistem.
 - b. Sensor Tegangan (*voltage sensor*) : Digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada sistem
 - c. Mikrokontroler : Digunakan untuk mengambil data dari sensor arus dan tegangan, kemudian mengolahnya.
 - d. Modul MQTT : Merupakan modul yang bertanggung jawab untuk mengirimkan data ke server MQTT.
 - e. Konverter : Digunakan mengubah sinyal komunikasi data antar perangkat seperti berkomunikasi melalui USB atau Ethernet.
2. Gateway Device :
 - a. Mikrokontroler : Merupakan gateway yang menghubungkan perangkat energy monitoring dengan server MQTT.
 - b. Modul MQTT : Merupakan modul yang mengirim data dari perangkat energy monitoring ke server MQTT.

3. Server MQTT :

- Server MQTT : Merupakan tempat menyimpan dan mengelola data yang diterima dari perangkat energy monitoring.
- Broker MQTT : Bertugas bertanggung jawab untuk menerima dan mengirim pesan antara perangkat energy monitoring dan server MQTT.

4. Aplikasi Monitoring :

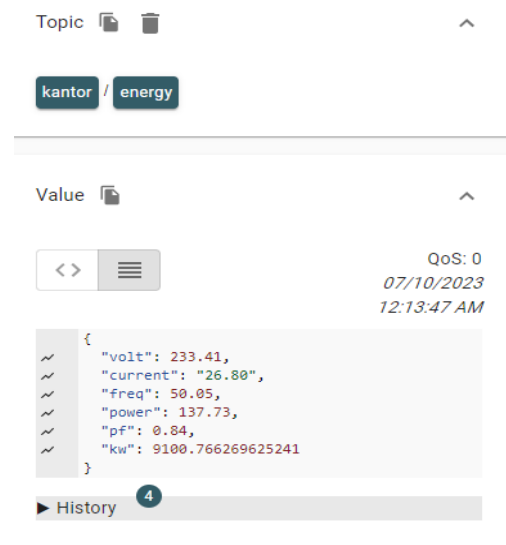
- Aplikasi Monitor : Aplikasi untuk mengakses dan menganalisis data energi yang dikirimkan oleh perangkat energy monitoring melalui server MQTT
- Koneksi Internet : Merupakan penghubung antara aplikasi monitor dengan server MQTT

Cara kerja perangkat energy monitoring adalah sensor membaca arus lalu konverter mengubah sinyal komunikasi ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian menggunakan modul MQTT untuk mengirimkan data menuju server MQTT yang telah diolah melalui gateway device. Server MQTT menerima data dari perangkat energy monitoring dan menyimpannya. Aplikasi monitor menggunakan koneksi internet untuk mengakses server MQTT dan menerima data energi yang dikirimkan oleh perangkat energy monitoring.

F. Application Development

Pada tahapan implementasi aplikasi, terdapat beberapa langkah yang penulis lakukan yaitu:

- Melakukan instalasi dan mengkonfigurasi Broker MQTT :
 - Instalasi dan konfigurasi broker MQTT seperti Mosquitto, yang akan bertindak sebagai pusat komunikasi antara perangkat pemantau energi dan klien.
 - Setelah menginstal broker MQTT, penulis mengkonfigurasi broker. Konfigurasi broker antara lain konfigurasi port yang akan digunakan dan konfigurasi keamanan akses seperti membuat *username* dan *password*.
 - Selanjutnya, menentukan topik-topik MQTT yang akan digunakan untuk pertukaran pesan, misalnya sensor arus, sensor tegangan, dan lain-lain. Konfigurasi *broker* MQTT seperti pada Gambar 7 berikut ini :



Gambar 7. Konfigurasi Broker MQTT

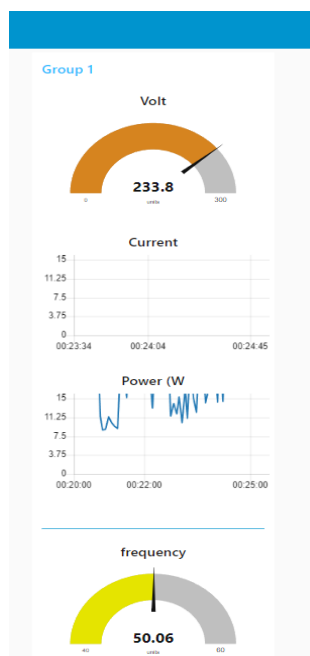
- Menghubungkan sensor dan perangkat pemantauan energi :
 - Penulis memasang sensor dan perangkat pemantauan energi sesuai dengan kebutuhan aplikasi.
 - Selanjutnya penulis mengkonfigurasi perangkat pemantauan energi agar dapat mengirimkan data ke broker MQTT menggunakan protokol MQTT.
- Pengembangan aplikasi :
 - Penulis membuat aplikasi yang akan menerima dan menganalisis data energi yang dikirimkan melalui MQTT.
 - Penulis menggunakan salah satu bahasa pemrograman yang mendukung MQTT yaitu Python untuk menghubungkan aplikasi dengan broker MQTT.
- Visualisasi dan Analisis Data:
 - Penulis membuat antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna untuk melihat dan menganalisis data energi yang dikumpulkan.
 - Penulis menggunakan library JavaScript seperti D3.js atau Chart.js, untuk menggambarkan data dalam bentuk grafik yang informatif.
 - Penulis menerapkan analisis data untuk mengidentifikasi pola energi, puncak penggunaan energi, atau pola konsumsi energi lainnya.

Secara umum, adapun alur aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini seperti pada Gambar 8:



Gambar 8. Alur Aplikasi [12]

Adapun hasil pengembangan aplikasi pada penelitian ini dengan resolusi handphone seperti pada Gambar 9:



Gambar 9. Aplikasi dan Visualisasi Data

G. Application Testing

Tahapan ini dilakukan setelah aplikasi telah selesai dikembangkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode blackbox dengan tujuan untuk mengetahui fungsionalitas aplikasi monitoring energy yang dihasilkan. Beberapa *test case* yang diuji seperti pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN APLIKASI DENGAN METODE BLACKBOX

ID	Deskripsi	Hasil Yang Diharapkan	Hasil
A	Pengguna login dengan <i>username</i> dan <i>password</i> benar	Sistem akan berhasil login dan menuju halaman <i>dashboard</i>	Sistem berhasil login dan menuju halaman <i>dashboar d</i>
B	Terdapat perubahan atau anomaly penggunaan energi listrik	Sistem akan mencatat perubahan energi dan menyimpannya ke database	Sistem mencatat perubaha n energi dan menyimp annya ke database
C	Pengguna mengklik menu monitoring	Sistem akan menampilkan data monitoring energi listrik secara realtime	Sistem menampilkan data monitori ng energi listrik secara realtime

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penulis dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Aplikasi monitoring energi listrik berbasis IoT dengan protokol MQTT dapat membantu masyarakat untuk memonitor penggunaan listrik. Ini membuka peluang bagi pengguna untuk lebih sadar akan pola konsumsi energi mereka dan memberikan kesempatan untuk mengidentifikasi pemborosan energi serta dapat menghitung biaya yang akan dikeluarkan.
2. Aplikasi monitoring yang terhubung dengan internet, pengguna dapat mengetahui secara *real-time* penggunaan listrik.

Aplikasi monitoring energi listrik dalam penelitian ini telah diuji dengan menerapkan metode *blackbox* dan menunjukkan bahwa aplikasi telah berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka:

- [1] Presiden Republik Indonesia, *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 30 TAHUN 2007 TENTANG ENERGI*. 2007.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Pemborosan Energi 80 Persen Faktor Manusia," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011. <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/pemborosan-energi-80-persen-faktor-manusia>.
- [3] H. Rahmadyani dan H. E. Kusuma, "Hubungan Perilaku Boros Energi dengan Alasan Berperilaku Boros Energi pada Hunian," *J. Lingkungan. Binaan Indonesia.*, vol. 10, no. 1, pp. 27-37, 2021, doi: 10.32315/jlbi.v10i01.9.
- [4] Kristanto, A., Kartini, U., Agung, A., & Suprianto, B. (2022). Pemodelan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada System Smartgrid Pembangkit Photovoltaic dan PLN Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Penggunaan Daya Listrik. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 11(2), 351-360. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n2.p351-360>.
- [5] Mubina, F. F., & Firasanto, G. (2023). Pemantauan Dan Pengendalian Pemakaian Energi Listrik Berbasis IOT. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 5(2), 216. doi:10.32493/epic.v5i2.28419.
- [6] Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35-40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>.
- [7] Rabbani, N. A., & Foo, Y.-L. (2022). Home Automation to reduce energy consumption. *International Journal of Technology*, 13(6), 1251. doi:10.14716/ijtech.v13i6.5930.
- [8] Chiandone, M., & Sulligoi, G. (2017). Energy control in all-electric ship: State of the art and IOT perspectives. *2017 AEIT International Annual Conference*. doi:10.23919/aeit.2017.8240546.
- [9] Ahyadi, Z., Amiennudin, A., Prasetyo, E., Saifullah, S., & Noor, I. (2021). Sistem IoT untuk Monitoring Penggunaan Energi Listrik dengan protokol MQTT. *POROS TEKNIK*, 13(1), 52-58. <https://doi.org/10.31961/porosteknik.v13i1.1050>.
- [10] Alfidro, M. R., Rozaq, I. A., & Iqbal, M. (2022). Alat monitoring Pemakaian Energi Listrik Menggunakan web cayenne. *Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)*, 2(2), 1-17. doi:10.24176/elkon.v2i2.8611
- [11] Edward Muhammad Salam, B., Kamil, I., & Nadhiroh, N. (2021). Sistem monitoring Luaran Daya Panel surya solar tracker berbasis internet of things dengan go iot. *ELECTRICES*, 3(2), 53-59. doi:10.32722/ees.v3i2.4082.
- [12] Bahga, A., & Madiseti, V. (2014). Internet of things: A hands-on approach. *Arsheep Bahga & Vijay Madiseti*.
- [13] Hari, H. P., Hamzah Eteruddin, Monice, & Achmad Nur Aliansyah. (2022). Analisis Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan Internet of Things (IoT) Pada Gedung Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 7(4), 207-211. <https://doi.org/10.33772/jfe.v7i4.7>.
- [14] Susanto, B. M., Atmadi, E. S., & Brenkman, W. L. (2018). Implementasi Mqtt protocol pada smart home security berbasis web. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(3), 201. doi:10.33795/jip.v4i3.207
- [15] Prabowo, Y. A., & Mandala Putra, L. E. (2022). Perancangan hour meter berbasis internet of thing menggunakan logika fuzzy. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Elektronik*, 5(1), 53-61. doi:10.36595/jire.v5i1.513.
- [16] Al Farizi, A., & Widyartono, M. (2023). Monitoring Energi Listrik Generator Tenaga Surya Portabel Berbasis IoT Untuk Kebutuhan Listrik Didaerah Bencana. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 12(2), 92-97. <https://doi.org/10.26740/jte.v12n2.p92-97>.
- [17] Kurnianto, A., Dedy Irawan, J., & Xaverius Ariwibisono, F. (2023). Penerapan IOT (internet of things) untuk controlling Lampu Menggunakan protokol Mqtt Berbasis web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 1153-1161. doi:10.36040/jati.v6i2.5393.