

DESAIN DAN ANALISIS KINERJA *SMART ENERGY METER* BERBASIS ANDROID

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF *SMART ENERGY* METER BASED ON ANDROID

Qintar Alifah Ristiana¹, Aip Saripudin², Arjuni Budi Pantjawati³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, 40154, Indonesia

¹ gintaralifahristiana@upi.edu, ² aipsaripudin@upi.edu, ³ arjunib@upi.edu

Abstrak

Teknologi yang inovatif mendorong adanya sistem pengukuran energi yang andal dan aman. *Smart Energy Meter* (SEM) merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk mengukur dan memantau penggunaan energi listrik dengan melibatkan jaringan internet dan aplikasi android. Penelitian ini difokuskan untuk membuat desain SEM berbasis android, memantau dan menganalisis kinerja SEM tersebut. Protokol komunikasi *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) digunakan sebagai protokol komunikasi data antara SEM dengan server Antares. Protokol komunikasi *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) digunakan sebagai protokol komunikasi data antara Antares server dengan pengguna melalui tampilan antarmuka aplikasi android. Kinerja SEM diuji dengan membandingkan hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan SEM serta multimeter secara *realtime*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain SEM berbasis android mampu memantau penggunaan energi listrik, autentikasi wifi, proteksi sistem kelistrikan, dan memantau kinerja jaringan wifi yang digunakan. Rata-rata selisih hasil pengukuran tegangan antara SEM dan multimeter sebesar 0,99%. Rata-rata selisih hasil pengukuran arus antara SEM dan multimeter sebesar 0,88%. Desain SEM berbasis aplikasi android telah berhasil dikembangkan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa SEM telah bekerja dengan baik dan menunjukkan akurasi yang tinggi.

Kata kunci: android, Antares IoT platform, HTTP, MQTT, smart energy meter

Abstract

Innovative technology encourages reliable and secure energy metering systems. Smart Energy Meter (SEM) is an electronic device designed to measure and monitor the use of electrical energy by involving the internet network and android application. This research is focused on creating an android-based SEM design, monitoring and analyzing the performance of the SEM. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) communication protocol is used as data communication protocol between SEM and Antares server. The Hypertext Transfer Protocol (HTTP) communication protocol is used as the data communication protocol between the Antares server and the user through the android application interface. SEM performance is tested by comparing the results of voltage and current measurements using SEM and multimeter in real time. The test results show that the android-based SEM design is able to monitor the use of electrical energy, Wi-Fi authentication, electrical system protection, and monitor the performance of the Wi-Fi network used. The average difference in voltage measurement results between SEM and multimeter is 0.99%. The average difference in current measurement results between SEM and multimeter is 0.88%. The android application-based SEM design has been successfully developed. The experimental results show that the SEM has worked well and shows high accuracy.

Keywords: android, Antares IoT platform, HTTP, MQTT, smart energy meter

1. PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi energi yang signifikan membawa banyak tantangan terhadap keamanan energi dan lingkungan [1]. Teknologi dan protokol komunikasi yang inovatif mendorong adanya sistem pengukuran energi yang andal terhubung langsung antara penyedia dan pengguna. Hal tersebut mendukung pada sistem penyediaan energi dengan model sistem pengukuran terintegrasi dengan internet [2].

Pembaruan infrastruktur pada sistem jaringan distribusi memungkinkan pengguna untuk dapat mengakses pengukuran energi dan pengelolaan tagihan lebih efisien. *Smart Energy Meter* (SEM) merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk mengukur, memantau, dan mengelola penggunaan energi listrik dengan melibatkan jaringan internet dan aplikasi android disisi pengguna. SEM dapat mengukur jumlah energi listrik yang digunakan untuk menghasilkan tagihan bulanan. SEM memungkinkan pemantauan *realtime* dari penggunaan energi dan informasi kinerja jaringan wifi yang digunakan untuk mengidentifikasi pola penggunaan energi yang tidak efisien [3].

Beberapa penelitian terkait desain SEM telah dilakukan seperti penelitian S. Saha dkk. [4] mengusulkan prototipe SEM yang mampu melakukan pemantauan tegangan, arus, dan konsumsi daya secara *realtime* dalam bentuk grafik berbasis aplikasi android dan web.

Penelitian SEM dengan mengintegrasikan aplikasi android untuk melakukan pemantauan konsumsi dan informasi tagihan konsumen dikembangkan oleh G.M. Madhu dkk. [5]. Penelitian ini menggunakan komponen perangkat keras open-source dengan protokol komunikasi *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) untuk terus memantau konsumsi energi konsumen dan mencatat penggunaan di server menggunakan arsitektur *publish-subscribe*.

Penelitian F. Vera-Coca dkk. [6] mengembangkan aplikasi visualisasi penurunan tegangan berdasarkan data yang dipantau oleh sensor IoT PQ. Sensor ini menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengirim data ke platform IoT yang dipantau oleh sirkuit terintegrasi pengukuran energi ADE9000. Melalui aplikasi android, data PQ dapat diakses dari jarak jauh. Aplikasi ini menggunakan perangkat lunak Unity. Penelitian ini hanya menunjukkan pengukuran dari penurunan tegangan.

Penelitian Z. Muslimin dan M.A Wicaksono [7] mengembangkan prototipe penampil nilai konsumsi energi listrik (kWh), daya aktif (Watt), arus (A), tegangan (V), faktor daya, dan frekuensi secara *realtime*, yang dapat diakses melalui jaringan internet. Sensor yang digunakan PZEM-004t dan mikrokontroler ESP8266. Penggunaan ANTARES platform digunakan sebagai *data base* untuk kemudian ditampilkan pada aplikasi android menggunakan MIT App Inventor. Penelitian ini menggunakan protokol komunikasi *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) pada jalur komunikasi perangkat dengan server dan server dengan aplikasi android.

Penelitian A.S Siva dkk. [8] mengembangkan pemantauan jarak jauh pengukuran energi menggunakan penyimpanan Cloud dan diakses melalui aplikasi Android di Ponsel atau di halaman web melalui lembar data Excel. Penelitian ini dapat menghidupkan/ mematikan energi meter ketika aliran listrik yang tidak diinginkan terjadi. Penelitian ini menggunakan Google Cloud sebagai layanan untuk mengelola dan menganalisis data IoT.

Sensor PZEM-004t digunakan untuk mengukur besaran fisik seperti tegangan (V), arus (A), frekuensi (Hz), faktor daya, daya aktif (W), konsumsi energi listrik (kWh) [9]. *Current Transformer* (CT) digunakan untuk mentransfer daya listrik dari satu sirkuit kepada sirkuit yang lain tanpa mengubah frekuensi dan mencapai induksi elektromagnetik [10]. *Arduino Integrated Development Environment* (Arduino IDE) merupakan perangkat lunak untuk memprogram board Arduino dan menampilkan pemantauan serial [11]. Relay merupakan komponen elektromekanikal yang digunakan sebagai saklar elektronika [12].

Antares merupakan singkatan dari *Application and Technology Platform as your Reliable Solution* dan merupakan *middleware* yang menghubungkan *developer* dengan *end user*. *Developer*

dapat melakukan *subscribe* data yang tersimpan pada Antares ke website/ aplikasi yang dikembangkannya [13], [14].

MQTT merupakan protokol komunikasi yang digunakan untuk mengirimkan pesan dan data antara perangkat di lingkungan *Internet of Things* (IoT) [15]. Protokol komunikasi MQTT digunakan dalam model *one-to-many* atau *publish-subscribe* (pub-sub) [16]. MQTT memiliki broker pusat yang menerima pesan dari publisher dan mengirimkannya ke semua subscriber berlangganan dengan topik (*topic*) yang sesuai [17].

HTTP merupakan protokol komunikasi yang digunakan untuk mengirim data dan informasi antara perangkat atau server di internet [18]. Protokol komunikasi HTTP digunakan dalam model *client-server* pada SEM [19]. Kodular merupakan situs web yang menyediakan fitur untuk membuat aplikasi android dengan menggunakan *block programming* [20].

SEM merupakan pengembangan perangkat pengukuran *smart grid* menggunakan protokol komunikasi dan infrastruktur jaringan nirkabel [21]. Pengukuran parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) pada SEM bertujuan untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh SEM [22]. RSSI merupakan metrik dalam mengevaluasi kualitas koneksi nirkabel. RSSI diukur dalam satuan *decibel-milliwatt* (dBm).

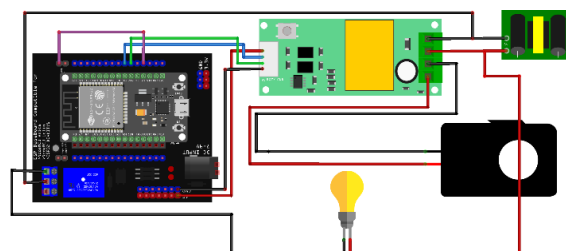
SNR merupakan perbandingan antara kekuatan sinyal data dan sinyal *noise* pada administrasi jaringan wifi SEM. SNR diukur dalam desibel (dB) [23]. Parameter daya transmisi digunakan untuk mengukur seberapa kuat sinyal dikirimkan oleh SEM ke pusat pemantauan atau server [24].

Desain SEM berbasis android disertai dengan pemantauan data kinerja jaringan yang digunakan berguna sebagai pengambilan keputusan penggunaan jaringan SEM. Penelitian ini difokuskan pada tampilan antarmuka pengguna berbasis aplikasi android [25] untuk memudahkan pengguna melakukan pemantauan energi yang digunakan, estimasi pembayaran konsumsi energi listrik (IDR) secara real-time, dan pemantauan informasi kinerja jaringan wifi yang digunakan sebagai pengambilan keputusan penggunaan jaringan yang efisien [26], [27].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Konfigurasi Hardware

Diagram blok SEM ditampilkan pada Gambar 1. Komponen utama yang digunakan pada SEM, yaitu modul ESP32, modul sensor PZEM-004t, CT, dan relay. Modul ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler SEM. Modul sensor PZEM-004t berfungsi untuk mengukur besaran fisik seperti tegangan (V), arus (A), frekuensi (Hz), faktor daya, daya aktif (W), konsumsi energi listrik (kWh). CT digunakan untuk mengukur arus listrik, menghitung energi yang dikonsumsi, dan melindungi peralatan listrik dari lonjakan arus. Hal ini membantu dalam pemantauan energi, pengelolaan beban, dan perlindungan sistem listrik. Relay digunakan untuk memutus arus listrik jarak jauh dan melindungi dari lonjakan arus. Relay yang digunakan berjenis *Normally Open* (NO).



Gambar 1. Diagram blok SEM

Pin SIG (*signal/control*) relay dihubungkan dengan pin 2 pada ESP32. Modul sensor PZEM-004t dihubungkan dengan ESP32 menggunakan komunikasi serial *Universal Asynchronous*

Receiver/Transmitter (UART). Pin TX pada PZEM-004t dihubungkan ke pin UART RX pada ESP32. Pin RX pada PZEM-004t dihubungkan ke pin UART TX pada ESP32. Pin CT pada PZEM-004t digunakan untuk mengukur arus yang mengalir melalui beban tanpa mengganggu jalur daya.

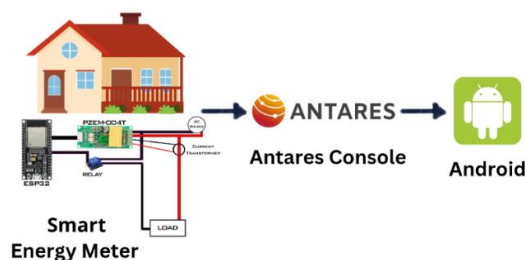
Hasil pengukuran sensor ditransmisikan kepada ESP32 sebagai prosesor. Data sensor kemudian dikirim melalui koneksi wifi dan protokol komunikasi MQTT kepada server Antares. Protokol komunikasi HTTP digunakan aplikasi android untuk melakukan *get* data sensor pada server hingga akhirnya data sensor ditampilkan pada antarmuka aplikasi android. Tampilan rancang bangun SEM ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan rancang bangun SEM

2.2 Konfigurasi Software

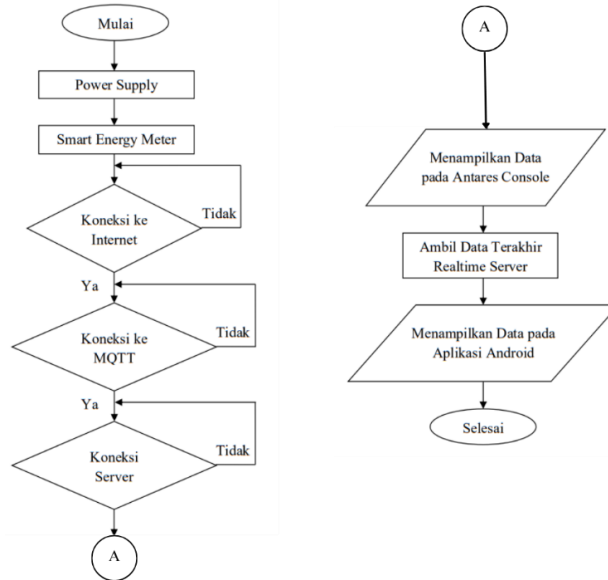
Alur transmisi data SEM dimulai dari SEM yang terpasang pada sumber beban hingga dikirimkan kepada server dan ditampilkan pada layar antarmuka pengguna ditunjukkan pada Gambar 3. SEM yang terpasang pada sumber beban di program menggunakan Arduino IDE. SEM diprogram untuk dapat mengirimkan data tegangan (V), arus (A), frekuensi (Hz), faktor daya, daya aktif (W), konsumsi energi listrik (kWh), RSSI, kanal wifi yang digunakan, banyaknya sinyal *noise*, SNR, dan daya transmisi pada SEM kepada server Antares dengan menggunakan protokol komunikasi MQTT. Data yang diterima oleh server Antares akan di *get* oleh aplikasi android menggunakan protokol komunikasi HTTP. Aplikasi android diprogram menggunakan perangkat lunak Kodular. Autentikasi wifi dilakukan dengan memasukkan data SSID wifi dan kata sandi wifi yang digunakan pada tampilan aplikasi android.



Gambar 3. Alur transmisi data SEM

Gambar 4 menampilkan diagram alir sistem SEM. SEM yang telah terhubung catu daya akan dihubungkan kepada koneksi internet atau jaringan wifi yang tersedia dengan menggunakan autentikasi wifi bawaan. Setelah terkoneksi dengan internet kemudian SEM akan menghubungkan pada koneksi broker MQTT. Setelah terkoneksi dengan broker MQTT SEM akan menghubungkan kepada server Antares. Setelah terhubung kepada server Antares, SEM akan mengirimkan data kepada server Antares secara *realtime* dan ditampilkan melalui aplikasi android di sisi pengguna

jika terjadi perubahan antara data yang terdeteksi dengan data sebelumnya yang di terima oleh server Antares. Proses pengaturan autentikasi data wifi pengguna akan dikirimkan dari aplikasi android kepada server Antares untuk selanjutnya di *get* oleh ESP32 dari sisi *device* melalui jaringan wifi.



Gambar 4. Diagram alir sistem SEM

2.3 Eksperimen

Eksperimen pengukuran tegangan (V) dan arus (A) dilakukan menggunakan SEM dan multimeter secara bersamaan. Kinerja SEM diuji dengan membandingkan hasil pengukuran tegangan (V) dan arus (A) menggunakan SEM serta multimeter secara *realtime* dan tercatat pada basis data Antares. Kinerja SEM dikatakan memiliki akurasi yang tinggi jika persentase selisih antara hasil pengukuran SEM dan multimeter berada kurang dari atau sama dengan 2% [28]. Persentase selisih arus atau tegangan hasil pengukuran SEM dan multimeter didapatkan dari persamaan berikut.

$$\text{Persentase Selisih} = \frac{|\text{Hasil Pengukuran SEM} - \text{Hasil Pengukuran Multimeter}| \times 100}{\text{Hasil Pengukuran Multimeter}}$$

Eksperimen pengukuran RSSI, kanal wifi yang digunakan, banyaknya sinyal *noise*, SNR, dan daya transmisi pada SEM deprogram menggunakan *library* wifi. Hal ini dilakukan untuk memantau kinerja jaringan wifi pada SEM. Pengukuran tegangan (V), arus (A), frekuensi (Hz), faktor daya, daya aktif (W), dan konsumsi energi listrik (kWh) dilakukan menggunakan program *library* sensor PZEM-004t. Estimasi tarif konsumsi energi listrik diprogram sesuai dengan tarif konsumsi energi listrik per kWh. Spesifikasi beban yang digunakan dalam eksperimen ini menggunakan lampu Philips 20 W yang dihubungkan secara seri. Eksperimen proteksi kelistrikan dilakukan dengan memprogram SEM, apabila daya aktif (W) yang terukur melebihi batas maksimum daya yang terpasang disisi pengguna maka arus listrik sumber akan terputus.

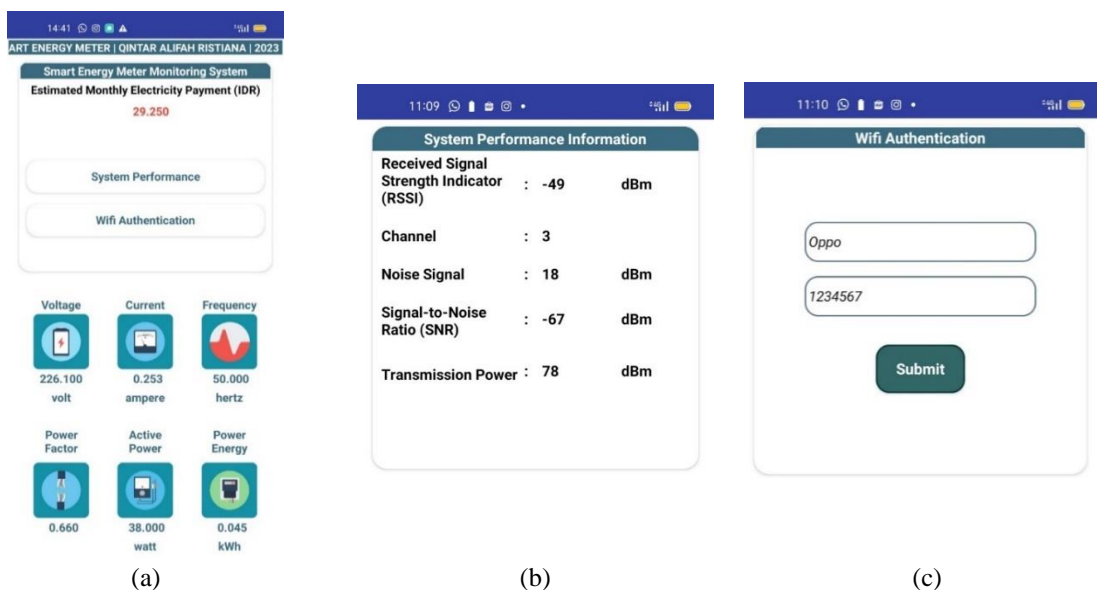
3. PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Aplikasi Android SEM

Gambar 5a menunjukkan tampilan aplikasi android SEM. Tampilan pemantauan tegangan (V), arus (A), frekuensi (Hz), faktor daya, daya aktif (W), konsumsi energi listrik (kWh), dan estimasi

pembayaran listrik (IDR) secara *realtime* memungkinkan pengguna untuk melacak pola konsumsi dan mengatur beban sesuai konsumsi bulanan yang diinginkan. Gambar 5a juga menunjukkan fitur pemantauan informasi kinerja jaringan wifi SEM dan fitur autentikasi wifi dari sisi pengguna sebagai koneksi transmisi SEM.

Gambar 5b menunjukkan fitur dari informasi kinerja jaringan sistem. Data yang dipantau secara *realtime* pada fitur ini, yaitu RSSI, kanal wifi yang digunakan, banyaknya sinyal *noise*, SNR, dan daya transmisi menggunakan koneksi wifi SEM. Seluruh data pemantauan SEM tersimpan pada basis data Antares dan dapat dikirimkan kepada pengguna dalam bentuk data *.JSON jika pengguna melakukan *request* kepada *developer* atau penyedia layanan SEM. Gambar 5c menunjukkan fitur autentikasi wifi dari sisi pengguna. Autentikasi wifi digunakan sebagai pengaturan wifi agar SEM dapat mengirimkan data kepada server Antares.



Gambar 5. Tampilan aplikasi android sistem pemantauan dan fitur SEM

3.2 Analisis Akurasi dan Kinerja SEM

Hasil pengukuran tegangan (V) dan arus (A) menggunakan SEM dan multimeter secara bersamaan terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan dan arus

Lampu (buah)	Tegangan (V) rata-rata		Arus (A) rata-rata		Selisih Pengukuran Tegangan (%)	Selisih Pengukuran Arus (%)
	SEM	Multimeter	SEM	Multimeter		
1	222,16	220,50	0,120	0,118	0,75	1,01
2	222,36	220,16	0,246	0,244	1,00	0,90
3	222,04	220,08	0,380	0,375	0,89	1,28
4	222,06	220,02	0,482	0,480	0,93	0,42
5	222,22	219,22	0,605	0,600	1,37	0,80

Data tegangan (V) dan arus (A) yang tertampil pada Tabel 1 merupakan hasil pengukuran rata-rata dari 5 (lima) kali eksperimen yang dilakukan. Tampak bahwa persentase selisih pengukuran tegangan (V) antara SEM dan multimeter berada pada rentang 0,75% hingga 1,37% dengan rata-rata selisih sebesar 0,99%. Sedangkan, persentase selisih pengukuran arus (A) antara SEM dan multimeter

berada pada rentang 0,42% hingga 1,28% dengan rata-rata selisih sebesar 0,88%. Rata-rata persentase selisih antara hasil pengukuran SEM dan multimeter baik tegangan (V) maupun arus (A) berada kurang dari 2%. Hal ini menunjukkan bahwa SEM berbasis aplikasi android mampu memberikan pengukuran dengan akurasi yang memenuhi syarat batas toleransi [28].

4. KESIMPULAN

Desain SEM berbasis aplikasi android telah berhasil dikembangkan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa persentase rata-rata selisih pengukuran tegangan (V) antara SEM dan multimeter sebesar 0,99%. Sedangkan persentase rata-rata selisih pengukuran arus (A) antara SEM dan multimeter sebesar 0,88%. Hasil ini menunjukkan bahwa SEM telah bekerja dengan baik dan menunjukkan akurasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alomar, M. A. 2023. An IoT-based smart grid system for advanced cooperative transmission and communication. *Physical Communication*, 58, 102069. doi: 10.1016/j.phycom.2023.102069.
- [2] Neffati, O. S., et al. 2021. Migrating from traditional grid to smart grid in smart cities promoted in developing country. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45, 101125. doi: 10.1016/j.seta.2021.101125.
- [3] van de Kaa, G., Fens, T., Rezaei, J., Kaynak, D., Hatun, Z., & Tsilimeni-Archangelidi, A. 2019. Realizing smart meter connectivity: Analyzing the competing technologies Power line communication, mobile telephony, and radio frequency using the best worst method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 320–327. doi: 10.1016/j.rser.2018.12.035.
- [4] Saha, S., Mondal, S., Saha, A., & Purkait, P. 2018. Design and implementation of IoT based smart energy meter. In 2018 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON) (pp. 19-23).
- [5] Madhu, G. M., Vyjayanthi, C., & Modi, C. 2019. An Open-Hardware Approach for IoT Enabled Smart Meter Monitoring and Controlling System Using MQTT Protocol. In *International Conference on Computational Intelligence, Security and Internet of Things* (pp. 303-317).
- [6] Vera-Coca, F., Gil-de-Castro, A., Medina-Gracia, R., Garrido-Zafra, J., Savariego-Fernández, R., & Moreno-Munoz, A. 2021. Interactive visualization of IoT power quality data on mobile devices. In 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6).
- [7] Muslimin, Z., & Wicaksono, M. A. 2022. Control and monitoring of household load electricity consumption based on ANTARES platforms. In *AIP Conference Proceedings*, 2543(1).
- [8] Siva, A. S., Jayashree, K., Pavithra, S., Preethi, R., Swetha, A., & Ramani, U. 2023. Remote Monitoring of Energy Meter using Cloud Storage. In 2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC) (pp. 1-4).
- [9] Sun, Q., et al. 2016. A Comprehensive Review of Smart Energy Meters in Intelligent Energy Networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(4), 464–479. doi: 10.1109/JIOT.2015.2512325.
- [10] Alahakoon, D., & Yu, X. 2016. Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(1), 425–436. doi: 10.1109/tii.2015.2414355.
- [11] Ji, B., Li, Y., Zhou, B., Li, C., Song, K., & Wen, H. 2019. Performance analysis of UAV

- relay assisted IoT communication network enhanced with energy harvesting. *IEEE Access*, 7, 38738-38747.
- [12] Sălăgean, M., & Zinca, D. 2020. IoT applications based on MQTT protocol. In 2020 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC) (pp. 1-4).
- [13] Toldinas, J., Lozinskis, B., Baranauskas, E., & Dobrovolskis, A. 2019. MQTT quality of service versus energy consumption. In 2019 23rd International Conference Electronics (pp. 1-4).
- [14] da Cruz, M. A., Rodrigues, J. J., Lorenz, P., Solic, P., Al-Muhtadi, J., & Albuquerque, V. H. C. 2019. A proposal for bridging application layer protocols to HTTP on IoT solutions. *Future Generation Computer Systems*, 97, 145-152.
- [15] Miao, H., Chen, G., Zhao, Z., & Zhang, F. 2020. Evolutionary aggregation approach for multihop energy metering in smart grid for residential energy management. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 1058-1068.
- [16] Nayana, G. H., et al. 2023. IoT Based Intelligent Home Automation Using Automated Smart Devices. In 2023 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4) (pp. 1-5).
- [17] Chothani, N., Raichura, M., & Patel, D. 2023. Current Transformer Infrastructure and Its Application to Power System Protection. In *Advancement in Power Transformer Infrastructure and Digital Protection* (pp. 101-133).
- [18] Peter, G., & Iderus, S. B. 2021. Design of enhanced energy meter using GSM prepaid system and protective relays. *Materials Today: Proceedings*, 39, 582-589.
- [19] Santhosh, C., et al. 2021. IoT based smart energy meter using GSM. *Materials Today: Proceedings*, 46, 4122-4124.
- [20] Gandhi, O., Ramdhani, M., Murti, M. A., & Setianingsih, C. 2019. Water flow control system based on context aware algorithm and IoT for hydroponic. In 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoT&IS) (pp. 212-217).
- [21] Luthfi, F., Juanda, E. A., & Kustiawan, I. 2018. Optimization of data communication on air control device based on Internet of Things with application of HTTP and MQTT protocols. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 384(1), 012009.
- [22] Fatimah, P., Irawan, B., & Setianingsih, C. 2020. Design of Landslide Early Warning System Using Fuzzy Method Based on Android. In 2020 12th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (pp. 350-355).
- [23] Somantri, Y., et al. 2019. An affordable Internet of Things Training Kit for practical work of industrial automation. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(3), 033079.
- [24] Srilatha, M., et al. 2021. Smart monitoring and collection of garbage system using internet of things. In 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV) (pp. 335-342).
- [25] Sriranjani, R., et al. 2023. Received Signal Strength and Optimized Support Vector Machine based Sybil Attack Detection Scheme in Smart Grid. In 2023 3rd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT) (pp. 1-5).
- [26] Kudathanthirige, D., Gunasinghe, D., & Amarasuriya, G. 2020. Performance analysis of intelligent reflective surfaces for wireless communication. In *ICC 2020-2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-6).
- [27] Ahmad, T., & Zhang, D. 2021. Using the internet of things in smart energy systems and networks. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102783.
- [28] Syafii, A., Luthfi, A., & Rozzi, A. Y. A. 2020. Design of raspberry pi web-based energy monitoring system for residential electricity consumption. In 2020 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2020 - Proc. (pp. 192-196). doi: 10.1109/ICITSI50517.2020.9264926.