

Sistem Pemantauan Energi Penggunaan Listrik Pada Bangunan Pintar Dengan Sistem Iot (Internet Of Things)

M. Fadhilur Rahman¹, Tufanul Hiyas², Romie Armando³
^{1,2,3}Information Technology, Universitas Nurul Jadid, Indonesia
Email: fadilurrahman88@gmail.com¹, faniuliyas@email.com²,
armandoromie@email.com³

Abstract

This research aims to develop an energy monitoring system for electricity usage in smart buildings using the Internet of Things (IoT). Smart buildings represent a concept where information and communication technologies are utilized to manage energy resources, including electricity consumption efficiently. This system indirectly assists humans by ensuring precise and controlled monitoring. The methodology in this research involves the development of an integrated sensor system connected to IoT devices to monitor electricity consumption in real time. These sensors will be strategically placed at key points within the building, such as the main electrical panels and critical electronic devices, to measure and transmit energy consumption data to the IoT platform.

Keywords: IoT, ESP32, Energy Monitoring, Smart Building, Electricity Efficiency

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan energi penggunaan listrik pada bangunan pintar menggunakan Internet of Things (IoT). Bangunan pintar adalah suatu konsep dimana teknologi informasi dan komunikasi digunakan untuk mengelola secara efisien sumber daya energi, termasuk penggunaan listrik. Dengan adanya alat bantu ini human secara tidak langsung terbantu agar tercontrol dengan akurat. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi pengembangan sistem sensor yang terintegrasi dengan perangkat IoT untuk memantau konsumsi energi listrik secara real-time. Sensor-sensor ini akan diposisikan pada titik-titik strategis di dalam bangunan, seperti panel listrik utama dan peralatan elektronik penting, untuk mengukur dan mengirim data konsumsi energi ke platform IoT.

Kata Kunci : IoT, ESP32, Pemantauan Energi, Bangunan Pintar, Efisiensi Listrik

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia yang mendukung berbagai aktivitas sehari-hari, mulai dari keperluan rumah tangga seperti memasak dan penerangan hingga kebutuhan industri yang menggunakan mesin-mesin listrik dalam proses produksinya[1]. Dalam era modern ini, keberlanjutan dan efisiensi penggunaan listrik menjadi semakin penting, terutama dengan meningkatnya konsumsi energi yang seiring dengan perkembangan teknologi dan populasi.

Namun, salah satu tantangan utama yang dihadapi masyarakat adalah penggunaan beban listrik yang melebihi kapasitas, yang dapat mengakibatkan korsleting dan potensi kebakaran. Masalah ini sering terjadi pada pengguna dengan kapasitas listrik kecil, seperti 450 VA atau 900 VA, yang banyak digunakan di rumah tangga[2]. Untuk mengatasi masalah ini, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan penggunaan listrik melalui pemantauan dan kontrol secara real-time[3].

IoT adalah konsep yang memungkinkan berbagai perangkat terhubung secara otomatis melalui internet, memberikan kemampuan untuk memantau dan mengendalikan perangkat tersebut dari jarak jauh[4]. Dengan memanfaatkan mikrokontroler seperti ESP32 yang

dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, sistem IoT dapat dirancang untuk memantau penggunaan energi listrik, mencegah beban berlebih, dan memberikan notifikasi kepada pengguna jika terjadi potensi bahaya[5].

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pemantauan energi listrik berbasis IoT menggunakan ESP32 dalam bangunan pintar. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan listrik sekaligus melindungi instalasi listrik dari risiko beban berlebih. Dengan menggunakan protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), pengiriman data dapat dilakukan dengan bandwidth yang rendah, sehingga lebih efisien dan stabil dibandingkan dengan metode konvensional[6].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan dan kontrol listrik yang dapat mencegah penggunaan beban berlebih, sekaligus memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengelola konsumsi energi listrik secara real-time. Batasan penelitian ini meliputi pengujian pada kapasitas listrik hingga 900 VA dan ketergantungan pada akses internet yang stabil untuk berfungsi optimal[7]. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya peningkatan efisiensi energi dan keselamatan pada penggunaan listrik di bangunan pintar, serta memberikan dasar bagi pengembangan sistem serupa di masa depan.

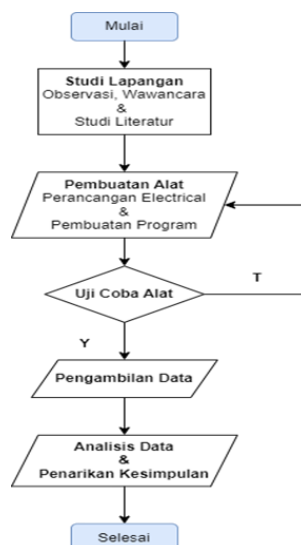
2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh hasil penelitian, yang mencakup rancangan sistem, prosedur penelitian, dan alat serta bahan yang digunakan. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan tahapan yang meliputi studi lapangan, perancangan alat, pengujian, dan analisis data[8].

2.1. Rancangan Sistem

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan energi listrik berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk memonitor penggunaan energi listrik dan memberikan peringatan apabila terjadi beban berlebih. Rancangan sistem mencakup penggunaan beberapa komponen utama, seperti sensor PZEM04T untuk membaca parameter listrik, LCD untuk menampilkan hasil pemantauan, relay untuk memutus atau menghubungkan arus listrik, serta protokol MQTT untuk komunikasi data secara real-time antara ESP32 dan perangkat pengguna melalui internet[9].

2.2. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Kerangka penelitian

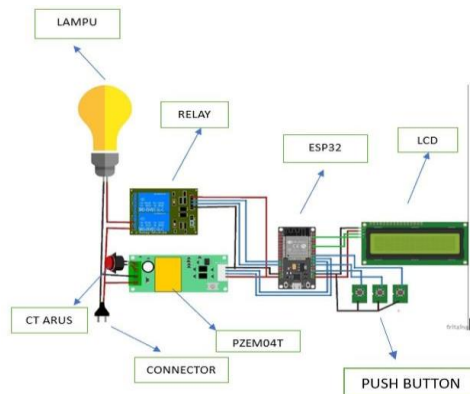
2.3. Studi Lapangan

Meliputi observasi langsung di lokasi penelitian dengan narasumber terkait, seperti pengguna listrik di rumah tangga.

2.4. Pembuatan Alat

Proses ini mencakup perancangan elektrikal, pengembangan program, dan perakitan alat. Komponen seperti ESP32, sensor PZEM04T, relay, dan LCD diintegrasikan untuk membentuk sistem monitoring[10].

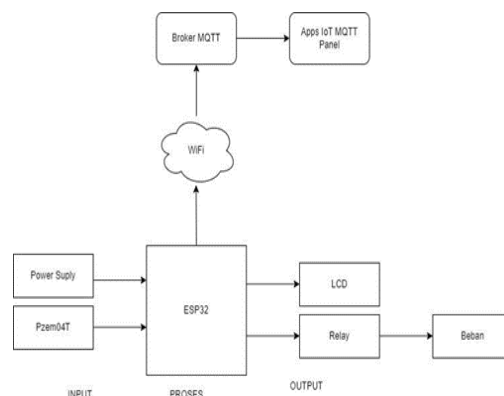
2.5. Perancangan Elektrikal



Gambar 2. Perancangan Elektrikal

2.6. Diagram Blok dan Perancangan Mekanik

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama: input, proses, dan output, yang digambarkan melalui diagram blok dan perancangan mekanik. Pada bagian input, Sensor Pzem04T digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan dan arus, yang datanya kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32[11]. ESP32 bertindak sebagai pusat kontrol yang mengelola data dan mengirimkan informasi melalui protokol MQTT untuk pemantauan jarak jauh. Bagian output mencakup relay yang mengontrol aliran listrik dan LCD yang menampilkan informasi. Secara fisik, alat ini dirancang dalam kerangka berukuran 40 x 30 cm (luar) dan 15 x 9 cm (dalam), memastikan penataan komponen yang optimal untuk kinerja dan kemudahan akses. Kombinasi dari desain ini menjamin sistem yang fungsional, aman, dan mudah dioperasikan dalam aplikasi praktis[12].



Gambar 3. Diagram blok

2.7. Uji Coba Alat

Dilakukan pengujian untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode utama: wawancara dan observasi. Wawancara dilakukan dengan pemilik bangunan pintar di Karanganyar Paiton untuk memahami tingkat pengetahuan mereka tentang Internet of Things (IoT) serta masalah yang dihadapi terkait penggunaan listrik. Hasil wawancara mengindikasikan bahwa pemilik belum sepenuhnya memahami teknologi IoT dan sering tidak menyadari saat terjadi beban listrik berlebih[13]. Observasi lapangan lebih lanjut mengungkap bahwa bangunan tersebut belum dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis untuk penggunaan listrik dan tidak memiliki fitur yang menampilkan informasi terkait jumlah tagihan listrik secara real-time[14].

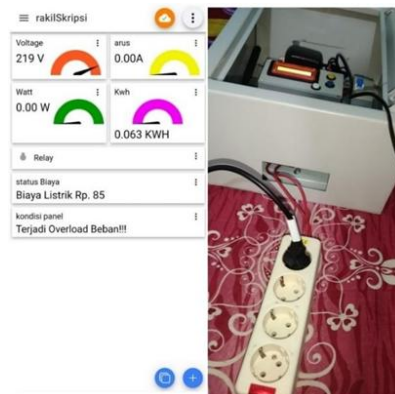
3.2. Hasil Analisis dan Desain Sistem

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah yang diidentifikasi selama pengumpulan data. Desain alat melibatkan integrasi antara mikrokontroler ESP32, Sensor Pzem04T, dan protokol MQTT untuk pemantauan jarak jauh. Flowchart sistem menunjukkan alur kerja mulai dari koneksi ESP32 ke jaringan Wi-Fi, pembacaan parameter listrik oleh Sensor Pzem04T, hingga pengendalian arus listrik melalui relay ketika beban melampaui setpoint yang ditentukan. Desain ini memungkinkan pengguna untuk tidak hanya memantau konsumsi listrik tetapi juga mengontrolnya secara real-time dari jarak jauh, melalui aplikasi yang terhubung dengan MQTT[15].

3.3. Pengujian dan Validasi Sistem

a) Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat secara otomatis memutuskan arus listrik ketika beban melebihi batas yang telah diatur. Pada pengujian pertama, dengan beban sebesar 42 Watt dan setpoint 40 Watt, relay berhasil memutuskan arus, membuktikan fungsi proteksi alat ini. Pengujian lebih lanjut dengan berbagai beban (seperti kipas dan setrika) menunjukkan bahwa relay bekerja konsisten sesuai dengan pengaturan setpoint yang diberikan[16].



Gambar 4. Pengujian relay

Tabel 1. Data relay

No.	Beban	Watt	SP	Relay
1.	Charger Laptop	42 W	40 W	OFF
2.	Charger Laptop	42 W	50 W	ON
3.	Kipas	100 W	90 W	OFF
4.	Charger Hp	30 W	50 W	ON
5.	Charger Hp + Charger Laptop	71 W	50 W	OFF

b) Pengujian Sensor dan MQTT

Pengujian data sensor melalui aplikasi MQTT menunjukkan bahwa pembacaan parameter listrik (tegangan, arus, daya, dan energi) oleh Sensor Pzem04T dapat ditransmisikan secara akurat dalam waktu nyata ke aplikasi. Data dari pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mentransfer data dengan waktu respons yang cepat, sekitar 1-2 detik, tergantung pada jenis beban yang diuji. Hal ini memastikan bahwa pengguna dapat memonitor kondisi listrik secara real-time[17].



Gambar 5. Pengambilan Data Sensor MQTT

Tabel 2. Pengujian Data Sensor MQTT

No.	Beban	Transfer Data	Volt	Arus	Watt	Kwh
1.	ChargerLaptop	1 Detik	218	0,18	18.90	0,11
2.	Charger Lampu	2 Detik	220	0,10	20.0	0,15
3.	ChargerHp	1 Detik	219	0,30	25.0	0,17

c) Validasi Sensor dengan Avometer

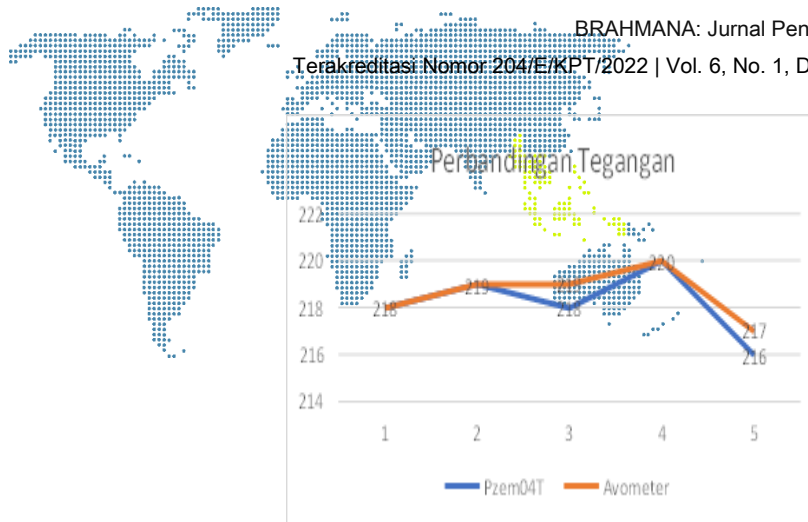
Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan Sensor Pzem04T dengan hasil pengukuran menggunakan Avometer. Pengujian ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil pengukuran sangat kecil, dengan tegangan yang dibaca oleh sensor sebesar 218 Volt sama dengan hasil Avometer. Kesamaan ini menunjukkan bahwa Sensor Pzem04T memiliki akurasi yang baik dan dapat diandalkan untuk pengukuran parameter listrik dalam sistem ini[18].



Gambar 6. Pengujian data Sensor dengan Avometer

d) Hasil Analisa Data

perbandingan pengukuran tegangan antara Sensor Pzem04T dan avometer. Analisis perbandingan dilakukan dengan beberapa sampel untuk menentukan selisih pengukuran. Hasilnya menunjukkan selisih yang sangat kecil dengan rata-rata nilai v. Perbedaan ini masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga valid untuk digunakan dalam penelitian[19].



Gambar 7. Grafik Pengambilan Data Tegangan Sensor PZem04T

e) Pengujian Data Pada Sensor Biaya

Proses pengujian data pada Sensor Biaya bertujuan untuk mengetahui jumlah pengeluaran listrik bulanan. gambar 8 menunjukkan contoh tagihan listrik sebesar Rp620 untuk konsumsi energi sebesar 0,104 kWh atau 6,40 watt. Penelitian ini menggunakan listrik PLN dengan kapasitas 900 VA dan tarif Rp140 per kWh. Sebagai contoh perhitungan, konsumsi harian 2,5 kWh selama 30 hari dengan tarif Rp1.352 per kWh menghasilkan tagihan bulanan sebesar Rp101.400[20].



Gambar 8. Pengujian data tagihan listrik

Tabel 3. Pengujian Data Tagihan Listrik

No.	Ukuran Listrik	Kwh	Biaya
1.	450	0,104	Rp.43.
2.	900	0,104	Rp.140
3.	1300	0,104	Rp.150
4.	2200	0,104	Rp.150

f) Analisis Hasil Pengujian

Analisis hasil pengujian menunjukkan bahwa semua komponen sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. LCD menampilkan data dengan jelas, buzzer memberikan peringatan ketika beban mendekati atau melebihi setpoint, dan relay bekerja efektif dalam memutuskan arus saat diperlukan, yang menunjukkan bahwa sistem ini sangat dihargai dan dianggap sangat membantu dalam pengelolaan energi listrik[21].

g) Implementasi dan Aplikasi Praktis

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat digunakan tidak hanya untuk pengontrolan energi listrik pada bangunan pintar, tetapi juga memiliki potensi aplikasi

yang luas di sektor industri, pabrik, dan rumah tangga. Penggunaan aplikasi MQTT untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh memperkuat kemampuan sistem ini dalam memberikan solusi pengelolaan energi yang efisien. Perhitungan biaya listrik yang otomatis juga membantu pengguna dalam mengelola konsumsi listrik secara lebih bijaksana, mengurangi risiko pemborosan energi, dan membantu menghemat biaya.



Gambar 9. Perancangan Alat Sensor

Pada Gambar 9 perancangan keseluruhan alat – alat sensor Otomasi Monitoring KWH Meter berbasis Internet of Things.

h) Perancangan keseluruhan alat

Pada Gambar 10 perancangan keseluruhan alat – alat Otomasi Monitoring KWH Meter berbasis Internet of Things.



Gambar 10. Perancangan Keseluruhan Alat

i) Pemrograman Arduino IDE

Pemrograman Software Arduino Ide merupakan salah satu tahapan pada penelitian ini untuk menjalankan sistem pada mikrocontroller agar dapat berjalan dengan sesuai harapan[22].



Gambar 11. Proses pemrograman Arduino

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rancangan alat yang dikembangkan dalam penelitian ini efektif dalam mengatasi masalah pemakaian beban berlebih pada bangunan pintar. Alat ini menggunakan teknologi IoT dengan kontroller ESP32 untuk memantau dan mengontrol konsumsi listrik. Pengujian alat menunjukkan bahwa alat ini berhasil mendeteksi beban berlebih dengan akurasi yang tinggi. Hasil ini menandakan bahwa alat ini layak digunakan dalam aplikasi pemantauan dan kontrol energi, serta dapat membantu mencegah terjadinya tegangan berlebih pada sistem Listrik

Daftar Pustaka

- [1] W. Najib, S. Sulistyono, and Widyawan, "Tinjauan Ancaman dan Solusi Keamanan pada Teknologi Internet of Things," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 4, pp. 375–384, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i4.539.
- [2] M. Ismail, R. K. Abdullah, and S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [3] N. H. Motlagh, M. Mohammadrezaei, J. Hunt, and B. Zakeri, "Internet of things (IoT) and the energy sector," *Energies*, vol. 13, no. 2, pp. 1–27, 2020, doi: 10.3390/en13020494.
- [4] M. F. RAHMAN, "Automatic Transfer Switch Kontrol Menggunakan Internet Of Thing (IoT)," *J. Adv. Res. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–37, 2023, doi: 10.24929/jars.v2i1.3043.
- [5] Fadhil Rahman, Moh. Anggi Cahyono, Moh. Fedi Hermawan, Moh. Nawawi, and Moh. Farhan Faradika, "Peningkatan Layanan Smart Pemilu Berbasis Website dengan Memanfaatkan Teknologi Canggih Internet of Things (IoT) di KPU Kabupaten Probolinggo," *JILPI J. Ilm. Pengabd. dan Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 225–232, 2022, doi: 10.57248/jilpi.v1i2.53.
- [6] R. A. Radouan Ait Mouha, "Internet of Things (IoT)," *J. Data Anal. Inf. Process.*, vol. 09, no. 02, pp. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.
- [7] A. Junaidi, "Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review," *J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. IV, no. 3, pp. 62–66, 2015.
- [8] A. W. Ramadhan, I. Permatasari, and A. T. Hidayat, "Monitoring Kinerja Baterai Skuter Listrik Berbasis IOT," pp. 1–12, 2023.
- [9] D. Suprihanto, H. Nugroho, A. E. Burhandenny, A. Harjanto, and M. Akbar, "Prototype of the Internet of Things-Based Swallow Building Monitoring and Security System," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 131–141, 2023, doi: 10.52436/1.jutif.2023.4.1.858.
- [10] M. M. F. Fatori, "Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 2, no. 02, pp. 350–356, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i02.1746.
- [11] E. Darmawan Yudi and J. A. Yani No, "Literature Review : Implementasi Sistem Monitoring Robot Bawah Air (Underwater Robot) berbasis IoT menggunakan metode Fuzzy Logic," *J. Ilmu Data dan Kecerdasan Buatan*, vol. 1, no. 1, pp. 5–8, 2023, [Online]. Available: <https://iitss.or.id/ojs/index.php/jidka/article/view/56>
- [12] A. Shafitri, Suhardianto, A. Mashuri, and A. Aditya, "Perancangan Pengendali Lampu Kantor Berbasis Internet of Thing," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 53–59, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4672.
- [13] A. Nuryudin, D. Irawan, R. P. Astutik, F. Teknik, and U. M. Gresik, "Sistem Monitoring Dan Kontrol," vol. 17, no. 1, pp. 44–50, 2024.
- [14] M. Al Husaini, A. Zulianto, and A. Sasongko, "Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan Internet of Things (Iot) Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya," *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 8, pp. 785–800, 2021, doi:

- 10.59188/jurnalsostech.v1i18.163
- [15] T. Muthamizhan, M. Janarthanan, P. Nalin, M. Nirmal, R. Rajarajan, and D. Gokulakrishnan, "Iot Based Solar Energy Monitoring System," *2022 1st Int. Conf. Comput. Power Commun. ICCPC 2022 - Proc.*, vol. 040005, no. November, pp. 612–616, 2022, doi: 10.1109/ICCPC55978.2022.10072032.
- [16] T. Br Sembiring, "Revolusi Teknologi Dan Tantangan Hukum: Perspektif Privasi Dan Keamanan Data Dalam Era Internet of Things (Iot)," *J. Cahaya Mandalika*, pp. 5–24, 2020.
- [17] F. Rozi, "Systematic Literature Review pada Analisis Prediktif dengan IoT: Tren Riset, Metode, dan Arsitektur," *J. Sist. Cerdas*, vol. 3, no. 1, pp. 43–53, 2020, doi: 10.37396/jsc.v3i1.53.
- [18] M. Di Renzo *et al.*, "Smart Radio Environments Empowered by Reconfigurable Intelligent Surfaces: How It Works, State of Research, and the Road Ahead," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 38, no. 11, pp. 2450–2525, 2020, doi: 10.1109/JSAC.2020.3007211.
- [19] H. M. Reeve, A. M. Mescher, and A. F. Emery, "Experimental and numerical investigation of polymer preform heating," *Am. Soc. Mech. Eng. Heat Transf. Div. HTD*, vol. 369, no. 6, pp. 321–332, 2001, doi: 10.1115/imece2001/htd-24365.
- [20] M. Murdani, "Analisis Studi Literatur Penerapan Algoritma Pemrograman pada Internet of Things (IoT)," *J. Sade. Publ. Ilmu Pendidikan, Pembelajaran dan Ilmu Sos.*, vol. 2, no. 1, pp. 244–255, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61132/sadewa.v2i1.507>
- [21] A. S. Abdul-qawy, P. J. Pramod, E. Magesh, and T. Srinivasulu, "Internet of Things (IoT): An Overview," vol. 5, no. 12, pp. 71–82, 2015, doi: 10.15242/iie.e0315045.
- [22] M. Fadhilur Rahman, "Sistem Peringatan Dini Ketinggian Volume Aliran Sungai Berdasarkan Intensitas Curah Hujan berbasis Internet of Things (IoT)," *Informatech J. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 52–55, 2024, doi: 10.69533/npb22d61.