

Implementasi Komunikasi Data Asinkron Menggunakan MQTT untuk Perangkat IoT Laboratorium Elektronika Hibrid

Nina Lestari¹, Ivany Sarief², Ary Setijadi Prihatmanto³

¹Program Doktor Teknik Elektro Informatika, Sekolah Teknik Elektro Informatika ITB, Indonesia

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sangga Buana, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sangga Buana, Indonesia

³Sekolah Teknik Elektro Informatika ITB, Indonesia

33222021@std.itb.ac.id¹, ivany.sarief@usbypkp.ac.id², ary.setijadi@itb.ac.id³

Intisari— Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan komunikasi data asinkron menggunakan protokol MQTT untuk perangkat IoT dalam lingkungan laboratorium elektronika hibrid. Dengan memanfaatkan MQTT sebagai protokol komunikasi yang ringan dan efisien, penelitian ini merancang sistem yang memungkinkan perangkat IoT yaitu kamera, osiloskop, dan multimeter untuk mengirimkan data secara asinkron ke sebuah message broker RabbitMQ. Data dari berbagai perangkat IoT ini dapat digunakan AI worker untuk analisis lebih lanjut. Penerapan komunikasi data asinkron melalui MQTT memungkinkan perangkat IoT dalam laboratorium elektronika hibrid untuk terus beroperasi dan menerima pesan baru tanpa menghambat proses saat ini. Hal ini meningkatkan adaptabilitas dan responsivitas sistem selama aktivitas praktikum berlangsung. Data hasil pengukuran dari perangkat IoT dapat dikumpulkan dan diolah secara efisien, memungkinkan penerapan sistem cerdas yang memberikan wawasan lebih terhadap data yang terkumpul. Evaluasi kinerja sistem dilakukan dengan melihat keberhasilan pengiriman data dan perbedaan waktu dari pengiriman dan penerimaan data. Penggunaan MQTT sebagai protokol komunikasi memastikan efisiensi dan keandalan transfer data antar perangkat IoT, serta meningkatkan performa keseluruhan sistem.

Keywords— MQTT, message broker, komunikasi IoT

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laboratorium hibrid menggabungkan laboratorium maya dengan jarak jauh. Dalam kegiatan laboratorium hibrid terdapat aktivitas fisik dengan memanfaatkan algoritma eksekusi untuk kendali, maka hasilnya dapat dilihat melalui antar muka pengguna berbasis web. Dalam pengembangan laboratorium hibrid, penggunaannya dapat meningkatkan motivasi dan juga capaian belajar dari penggunanya. Memaksimalkan aturan teknis dan non teknis dalam mengembangkan aktivitas lab, maka kegiatan ini dapat menyediakan pengalaman praktikum dan juga aktivitas yang meningkatkan keterampilan kognitif dan afektif [1], [2].

Merancang aktivitas laboratorium perlu untuk menggabungkan kebutuhan pembelajar dengan kebutuhan akademik. Penelitian mengenai menggabungkan simulasi robot dengan aplikasi melalui komunikasi nirkabel menunjukkan bahwa berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif,

penggunaan media belajar ini meningkatkan keterlibatan dalam proses pembelajaran dan meningkatkan capaian pembelajaran. Laboratorium hibrid dapat mendukung pembelajaran bauran untuk pengayaan dan peningkatan pemahaman, untuk mencapainya perlu dilakukan dengan menerapkan praktik baik dalam pengembangan pembelajaran bauran, yaitu perancangan instruksi pembelajaran, pengembangan konten dan media pembelajaran dan juga penyampaian pembelajaran; sehingga sebuah laboratorium hibrid dapat dirancang sesuai dengan capaian pembelajaran untuk kegiatan praktikum [3]–[5].

Sejalan dengan tujuan pengembangan laboratorium hibrid, *Internet of Things* (IoT) digunakan sebagai jalan untuk membangun sistem menjadi cerdas [6]. Instrumen ini dapat berupa devais fisik atau virtual untuk dapat melakukan pemantauan terhadap pembelajar akan aktivitas belajarnya [7], [8].

Arsitektur IoT secara umum terdiri dari devais, konektivitas, *cloud* dan analitik. Devais ini dapat berkomunikasi satu sama lain, bahkan dengan media lainnya untuk dapat memberikan data analitik. MQTT menjadi protokol yang dapat digunakan untuk komunikasi antar devais ini [9]. Perangkat yang digunakan dalam IoT dapat terdiri dari berbagai sensor, aktuator atau perangkat lain yang dapat terhubung ke internet dan mampu untuk menangkap fenomena fisik maupun lingkungan.

Seiring berkembangnya teknologi IoT dan penggunaannya yang semakin umum, maka penggunaan teknologi ini dapat juga diadaptasikan dalam kegiatan pendidikan. Tidak hanya terbatas pada perekaman identitas dan kehadiran, tetapi juga dapat digunakan untuk aktivitas belajar lainnya, hanya saja perlu untuk mempertimbangkan skalabilitas dari IoT tersebut agar tidak terjadi ketimpangan antara penggunaan teknologi pada pembelajaran dengan pembelajaran tradisional.

B. Tujuan Penelitian

Manfaat dari penggunaan protokol MQTT adalah dapat meningkatkan skalabilitas komunikasi data dan melakukan komunikasi data asinkron untuk efektifitas jaringan. Pada penelitian ini ingin membuktikan bahwa protokol MQTT dapat digunakan untuk protokol pengiriman data pada sistem

laboratorium hibrid yang menggunakan perangkat IoT sebagai alat pengumpulan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. IoT dalam pendidikan

Penggunaan IoT dalam pembelajaran memberikan dampak signifikan dalam peningkatan efisiensi pembelajaran dan pengajaran, termasuk di dalamnya juga terdapat peluang dan banyak tantangan. [10], [11].

IoT dapat digunakan oleh manajemen sekolah, pengajar dan pembelajar dengan tujuan masing-masing. Manfaat dari penggunaan IoT adalah meningkatkan interaktivitas dan keterlibatan belajar, memberikan akses terhadap sumber daya belajar yang lebih besar serta efisiensi operasional. Dalam hal kegiatan pembelajaran, IoT digunakan untuk pembelajar agar mendapatkan kostumisasi lingkungan belajar dan bahan belajar. Sementara itu pengajar dapat memanfaatkan data dari IoT untuk melakukan asesmen, evaluasi dan memberikan umpan balik dari hasil asesmen[12]–[14].

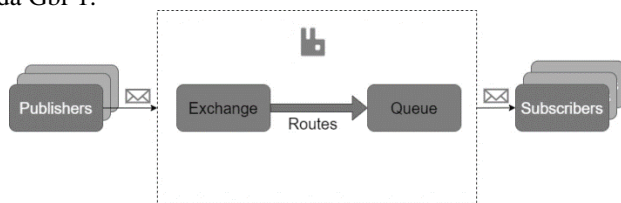
Sistem pembelajaran cerdas memanfaatkan sensor-sensor yang terhubung melalui internet untuk mendapatkan data selama aktivitas belajar dilakukan. Data ini akan diperlukan untuk dapat dianalisis sehingga IoT memberikan dampak lebih terhadap pendidikan. Pengolahan data ini dapat menghasilkan pola belajar, lingkungan belajar yang efektif, identifikasi personal agar meningkatkan keberhasilan belajar[15].

B. Protokol MQTT

Protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) menggunakan mekanisme publish dan subscribe dalam pertukaran pesan. Akurasi dalam pengiriman paket data menggunakan MQTT lebih tinggi dibandingkan dengan protokol lainnya. MQTT menggunakan Unicode Transformation Format 8 (UTF-8) sebagai filter untuk mengambil dan mengirim pesan antar klien[16], [17].

MQTT memungkinkan perangkat IoT untuk saling berkomunikasi secara langsung atau melalui broker (message broker) yang berperan sebagai perantara dalam pengiriman pesan antar perangkat. Kekuatan MQTT terletak pada desain yang ringan dan memiliki overhead komunikasi yang rendah, sehingga sangat sesuai untuk perangkat dengan sumber daya terbatas dan koneksi jaringan yang tidak stabil. Dengan MQTT, perangkat IoT dapat dengan mudah mengirim dan menerima data dalam lingkungan IoT secara efisien.

Dalam penelitian ini MQTT broker yang digunakan adalah RabbitMQ yang ilustrasi komunikasi datanya dicantumkan pada Gbr 1.



Gbr. 1 Ilustrasi komunikasi data pada RabbitMQ

C. Komunikasi Data Asinkron

Komunikasi data asinkron memungkinkan pesan atau data dikirim dan diterima secara tidak langsung atau tanpa perlu menunggu tanggapan langsung dari penerima. Pesan yang dikirim akan tetap berjalan dan diproses oleh perangkat penerima tanpa harus menunggu waktu yang lama untuk konfirmasi atau respons langsung. Sementara dalam komunikasi sinkron yang memerlukan tanggapan atau konfirmasi sebelum data selanjutnya dapat dikirim. Manfaat utama dari komunikasi data asinkron adalah dapat mengurangi latensi dalam transfer data, meningkatkan throughput, dan mengoptimalkan penggunaan bandwidth jaringan. Dengan mengurangi lalu lintas jaringan sebesar 86%, ini dapat mengurangi beban pada infrastruktur jaringan dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan[18].

MQTT memungkinkan terjadinya komunikasi data yang fleksibel untuk mengatasi keterbatasan protokol server dan klien. Message broker ini dapat memfasilitasi berbagai publisher dan subscriber, sementara data tetap dapat diproses tanpa terganggu dengan penerimaan data dari perangkat sensor IoT[19].

III. METODOLOGI

A. Arsitektur Sistem

Pada Gbr 2 diperlihatkan arsitektur untuk komunikasi data pada laboratorium hibrid. Perangkat IoT yang digunakan adalah kamera, multimeter dan osiloskop.

1) Devais

Seluruh perangkat IoT menghimpun data yang kemudian dikumpulkan. Perangkat ini menjadi publisher pada message broker, pada rancangan ini digunakan RabbitMQ yang merupakan open source message broker.

Kamera IoT sebagai Monitoring Kehadiran dan Pelacakan Aktivitas Praktikum:

- Kamera IoT berfungsi sebagai perangkat yang memonitor kehadiran dan aktivitas praktikum.
- Setiap 15 detik, kamera menangkap gambar dan mengirimkan data tersebut ke RabbitMQ sebagai publisher.
- Data gambar ini kemudian dapat diakses oleh subscriber yang bertugas melakukan analisis atau melihat perkembangan praktikum.

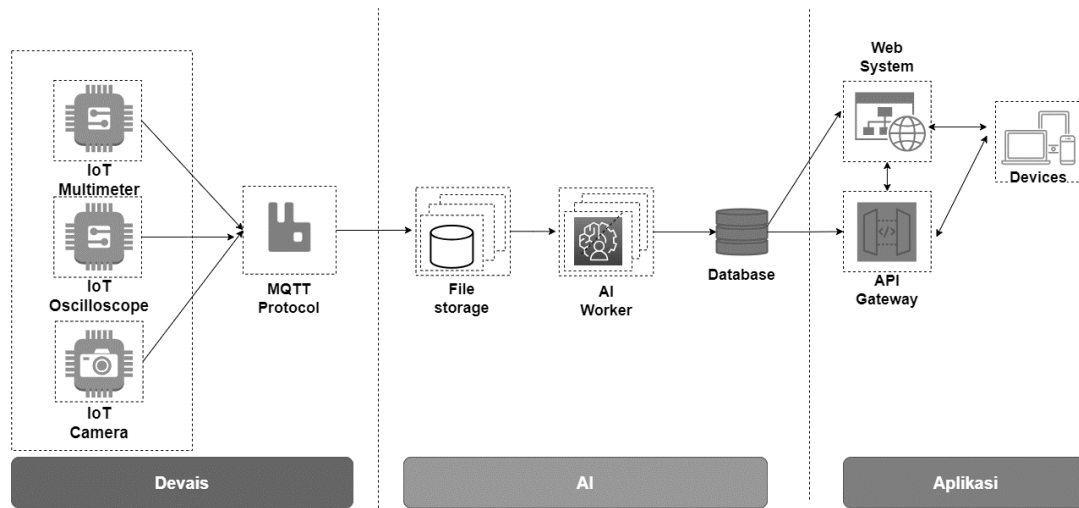
Osiloskop IoT dan Multimeter IoT untuk Pengukuran selama Praktikum:

- Osiloskop IoT dan Multimeter IoT berperan sebagai perangkat untuk mengukur selama kegiatan praktikum berlangsung.
- Data hasil pengukuran yang dikumpulkan oleh perangkat-perangkat ini akan dikirimkan ke RabbitMQ sebagai publisher untuk ditindaklanjuti.
- Data dari osiloskop dan multimeter ini menunggu untuk diproses oleh Artificial Intelligence (AI) Worker yang bertugas melakukan analisis sesuai kebutuhan penelitian.

Integrasi dan pengolahan data melalui RabbitMQ untuk implementasi MQTT protokol:

- RabbitMQ sebagai message broker berfungsi sebagai pusat untuk mengumpulkan dan menyampaikan data dari berbagai perangkat IoT.
- Data dari kamera, osiloskop, dan multimeter dikumpulkan dan diteruskan ke AI Worker atau subscriber yang sesuai untuk dianalisis.

- Proses ini memungkinkan data dari berbagai perangkat IoT diintegrasikan secara efisien dan digunakan untuk mendapatkan wawasan yang berguna selama kegiatan praktikum.



Gbr. 2 Arsitektur Komunikasi Data pada Laboratorium Hibrid

2) AI

Proses AI dilakukan untuk beberapa hal seperti tertera pada tabel I. Dalam sistem laboratorium hibrid yang dikembangkan, menerapkan tataran sistem cerdas. Seluruh data yang dikumpulkan oleh sensor terkumpul dalam sebuah database. Data dari sensor-sensor IoT diproses dan ditampilkan pada sistem informasi. Hal ini dapat memberikan gambaran real-time atau historis tentang kondisi lingkungan, perangkat, atau aktivitas yang terjadi di laboratorium. Data yang terkumpul dapat diproses lebih lanjut menggunakan teknik-teknik analisis data dan algoritma AI. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola, tren, atau informasi yang mungkin tersembunyi di dalam data yang besar dan kompleks. Data dari sensor-sensor dan hasil analisis sebelumnya dapat digunakan sebagai basis untuk mengembangkan model pembelajaran mesin (machine learning). Model ini dapat memprediksi atau mengambil keputusan berdasarkan data dan pola yang ada. Dengan memanfaatkan teknologi AI, sistem laboratorium dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang kondisi dan kinerja dalam lingkungan praktikum. Informasi ini dapat membantu pengambilan keputusan yang lebih baik dan mendukung proses pembelajaran.

Pada tahapan ini dapat dilakukan analisis, visualisasi, pelaporan, bahkan prediksi yang merupakan interpretasi dari data yang terkumpul. Dengan memanfaatkan AI, maka sistem laboratorium hibrid dapat menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi pembelajar pada saat aktivitas praktikum dilaksanakan. Proses AI sesuai dengan Tabel I dilakukan oleh beberapa AI worker berdasarkan rancangan. AI worker adalah

entitas atau unit pemrosesan independen yang berperan dalam menganalisis data, membuat prediksi, dan mengambil keputusan secara otomatis berdasarkan algoritma yang telah diprogram.

TABEL I PROSES AI PADA LABORATORIUM HIBRID

Aktivitas	Keterangan
Kehadiran	Pengenalan wajah untuk kehadiran
Pelaksanaan pembelajaran	Pengenalan ekspresi untuk dapat analisis keterlibatan belajar dan memberikan asistensi
Pelaksanaan asesmen	Melakukan analisis terhadap tahapan praktikum
Penilaian	Melakukan penilaian otomatis terhadap hasil asesment
Evaluasi	Melakukan analisis capaian pembelajaran kognitif, afektif maupun psikomotor

3) Aplikasi

Perangkat yang digunakan untuk mengakses aplikasi dapat berupa PC, laptop, telepon genggam. Dengan memanfaatkan open source *Learning Management System* (LMS) Moodle, maka pengajar dan pembelajar diberikan kemudahan dalam mengakses aplikasi.

Data hasil analisis AI disimpan dalam database hasil AI, untuk meringankan proses pada aplikasi, maka dibuat berbagai *Application Programming Interface* (API) agar komunikasi aplikasi dengan database terstruktur. Dengan adanya berbagai API ini, aplikasi atau sistem lain dapat dengan mudah

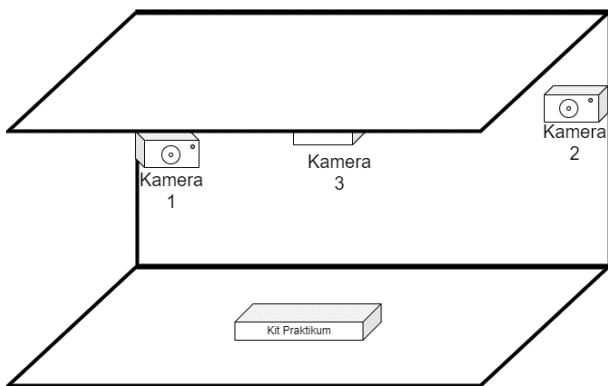
mengakses data hasil analisis AI tanpa perlu terlibat dalam detail kompleks dari bagaimana data disimpan atau diolah

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Lingkungan pengujian

Pengujian dilakukan untuk fungsi kamera IoT dengan menempatkan 3 kamera untuk membuat tangkapan wajah, ekspresi dan pelaksanaan praktikum. Pada Gbr 3 diperlihatkan instalasi Kamera 1 dan Kamera 2 digunakan untuk menangkap wajah dan ekspresi, sementara Kamera 3 digunakan untuk membuat tangkapan proses pengerjaan praktikum.

Kamera yang digunakan adalah kamera ESP32 Cam. Modul ini telah terintegrasi dengan sensor gambar, modul Wi-Fi, dan memungkinkan penggunaan perangkat IoT yang lebih sederhana dan efisien dengan kemampuan pemrosesan gambar. Resolusi yang digunakan pada penelitian ini adalah VGA (640x480 px).



Gbr. 3 Rancangan implementasi kamera IoT untuk pengawasan praktikum

Hasil tangkapan kamera diperlihatkan pada Gbr 4. Tangkapan wajah dilakukan dari dua sisi, sementara untuk kit praktikum ditangkap hanya dari sisi atas saja.

Hylab Educam



Gbr. 4 Hasil tangkapan kamera IoT Hibrid Laboratorium

Hasil tangkapan kamera disimpan pada tempat penyimpanan data menggunakan kodifikasi nama tertentu. Pada Gbr 4 ditunjukkan data yang dipublish oleh kamera untuk dapat diproses oleh AI worker, sementara pada Gbr 5 adalah data yang siap diolah oleh AI worker. Terdapat perbedaan waktu selama 1 detik dari kedua data tersebut.

bff3bf0c93fc-mQRhdSYr5.jpg	32 KB	7/31/2023 5:30:29 PM
RrbSVZJgD9A-NfpS9n3c0.jpg	37 KB	7/31/2023 5:30:37 PM
ff116e8e8e73-luiooIKYu.jpg	39 KB	7/31/2023 5:30:38 PM
bff3bf0c93fc-MRRHLdezS.jpg	32 KB	7/31/2023 5:30:44 PM
ff116e8e8e73-2F5neEzFb.jpg	40 KB	7/31/2023 5:30:52 PM
RrbSVZJgD9A-Pp1htL7Pl.jpg	37 KB	7/31/2023 5:30:52 PM
bff3bf0c93fc-y2pIZhK1U.jpg	32 KB	7/31/2023 5:30:59 PM
RrbSVZJgD9A-vZwtl6EF1.jpg	38 KB	7/31/2023 5:31:07 PM
ff116e8e8e73-RRrTgiqLO.jpg	39 KB	7/31/2023 5:31:08 PM
bff3bf0c93fc-ymvmMSMCV.jpg	30 KB	7/31/2023 5:31:14 PM

Gbr. 5 Data yang dipublish oleh kamera

Setelah mendefinisikan alamat IP dan host untuk dari RabbitMQ sebagai message broker, koneksi dilakukan dengan menggunakan library paho-mqtt pada Python. Pengujian MQTT Client menghasilkan pesan pada Gbr.5 melalui jaringan dengan kecepatan koneksi internet 72.7Mbps download dan 31.8 Mbps upload.

```

Connected. Result code: 0
Received message: bff3bf0c93fc-mQRhdSYr5.jpg time: 2023-07-31 17:30:30
Received message: RrbSVZJgD9A-NfpS9n3c0.jpg time: 2023-07-31 17:30:38
Received message: ff116e8e8e73-luiooIKYu.jpg time: 2023-07-31 17:30:39
Received message: bff3bf0c93fc-MRRHLdezS.jpg time: 2023-07-31 17:30:45
Received message: RrbSVZJgD9A-Pp1htL7Pl.jpg time: 2023-07-31 17:30:53
Received message: ff116e8e8e73-2F5neEzFb.jpg time: 2023-07-31 17:30:54
Received message: bff3bf0c93fc-y2pIZhK1U.jpg time: 2023-07-31 17:31:00
Received message: RrbSVZJgD9A-vZwtl6EF1.jpg time: 2023-07-31 17:31:08
Received message: ff116e8e8e73-RRrTgiqLO.jpg time: 2023-07-31 17:31:09
Received message: bff3bf0c93fc-ymvmMSMCV.jpg time: 2023-07-31 17:31:15
    
```

Gbr. 6 Data yang diterima oleh client untuk dapat dilakukan proses AI

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini implementasi protokol untuk komunikasi data IoT telah berhasil. Penerimaan data berhasil dilakukan sesuai dengan data yang dikirim sehingga proses AI dapat dilakukan sementara proses pengiriman data tetap berjalan. Pada penelitian selanjutnya perlu dianalisis lebih lanjut mengenai skalabilitas dari komunikasi data ini jika IoT yang terhubung pada jaringan lebih banyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan penelitian

REFERENSI

- [1] Z. Lei, H. Zhou, W. Hu, and G.-P. Liu, "Web-based digital twin online laboratories: Methodologies and implementation," *Digital Twin*, vol. 2, p. 3, Mar. 2022, doi: 10.12688/digitaltwin.17563.1.
- [2] D. Persano Adorno, F. Scardulla, L. D'Acquisto, and N. Pizzolato, "Design of an open-lab activity for engineering students: A case study," *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 51, no. 1, 2023, doi: 10.1177/03064190221143318.
- [3] M. Garduno-Aparicio, J. Rodriguez-Resendiz, G. Macias-Bobadilla, and S. Thenozhi, "A Multidisciplinary Industrial Robot Approach for Teaching Mechatronics-Related Courses," *IEEE*

- Transactions on Education*, vol. 61, no. 1, 2018, doi: 10.1109/TE.2017.2741446.
- [4] R. M. Spearrin and F. A. Bendana, "Design-build-launch: a hybrid project-based laboratory course for aerospace engineering education," *Acta Astronaut*, vol. 157, 2019, doi: 10.1016/j.actaastro.2018.11.002.
- [5] N. Olmedo-Torre, M. M. Martínez, and M. Peña, "Effectiveness of blended instructional design based on active learning in a graphic engineering course," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 29, no. 4, pp. 810–837, Jul. 2021, doi: 10.1002/cae.22338.
- [6] M. Mircea, M. Stoica, and B. Ghilic-Micu, "Investigating the Impact of the Internet of Things in Higher Education Environment," *IEEE Access*, vol. 9, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3060964.
- [7] V.-A. Romero-Zaldivar, A. Pardo, D. Burgos, and C. Delgado Kloos, "Monitoring student progress using virtual appliances: A case study," *Comput Educ*, vol. 58, no. 4, pp. 1058–1067, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.003>.
- [8] E. Seidel and S. Kutieleh, "Using predictive analytics to target and improve first year student attrition," *Aust J Educ*, vol. 61, no. 2, 2017, doi: 10.1177/0004944117712310.
- [9] B. Mishra and A. Kertesz, "The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey," *IEEE Access*, vol. 8, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035849.
- [10] D. D. Ramlawat and B. K. Pattanayak, "Exploring the Internet of Things (IoT) in Education: A Review," in *Information Systems Design and Intelligent Applications*, S. C. Satapathy, V. Bhateja, R. Somanah, X.-S. Yang, and R. Senkerik, Eds., Singapore: Springer Singapore, 2019, pp. 245–255.
- [11] M. Al-Emran, S. I. Malik, and M. N. Al-Kabi, "A Survey of Internet of Things (IoT) in Education: Opportunities and Challenges," in *Studies in Computational Intelligence*, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-24513-9_12.
- [12] M. Farhan *et al.*, "IoT-based students interaction framework using attention-scoring assessment in eLearning," *Future Generation Computer Systems*, vol. 79, 2018, doi: 10.1016/j.future.2017.09.037.
- [13] E. Spyrou, N. Vretos, A. Pomazanskyi, S. Asteriadis, and H. C. Leligou, "Exploiting IoT Technologies for Personalized Learning," in *IEEE Conference on Computational Intelligence and Games, CIG*, 2018. doi: 10.1109/CIG.2018.8490454.
- [14] K. Zeeshan, T. Hämäläinen, and P. Neittaanmäki, "Internet of Things for Sustainable Smart Education: An Overview," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 7, 2022, doi: 10.3390/su14074293.
- [15] M. S. Koti, "Analysis of students performance using learning analytics—a case study," *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 53, pp. 615–625, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-5258-8_57.
- [16] A. Almheiri and Z. Maamar, "IoT protocols - MQTT versus CoAP," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2021. doi: 10.1145/3454127.3456594.
- [17] R. Johari, S. Bansal, and K. Gupta, "Routing in IoT using MQTT Protocol," in *Proceedings - 2020 12th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks, CICN 2020*, 2020. doi: 10.1109/CICN49253.2020.9242600.
- [18] S. Zepeda and A. Nuñez, "Asynchronous communication for improved data transport in the network," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1828/1/012078.
- [19] J. H. Kim, S. H. Moon, J. S. Ryu, and S. K. Kim, "Data Communication Based on MQTT in a Polymer Extrusion Process," *Journal of Visualized Experiments*, vol. 2022, no. 185, 2022, doi: 10.3791/63717.