
Analisis Kinerja Protokol COAP dan MQTT pada Sistem Rumah Cerdas

Ayudhia Surya Taufiqah Rahma^{*1}, Kurniawan Dwi Irianto²,

^{1,2}Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Email: ^{*1}20523220@students.uii.ac.id, ²k.d.irianto@uui.ac.id

(Naskah masuk: 15 Februari 2025, diterima untuk diterbitkan: 20 Juli 2025)

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja dua protokol komunikasi, yaitu CoAP dan MQTT, dalam penerapan sistem rumah cerdas. Pengujian dilakukan dengan mengukur beberapa parameter kinerja seperti packet loss, delay, dan throughput pada perangkat-perangkat yang terhubung dalam sistem IoT. Sistem rumah cerdas yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat-perangkat seperti sensor DHT11 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, serta Raspberry Pi yang berfungsi sebagai server untuk mengolah dan mendistribusikan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun MQTT lebih efisien dalam hal throughput, protokol CoAP lebih unggul dalam penghematan energi dan memiliki latensi yang lebih rendah. Penelitian ini memberikan rekomendasi mengenai pemilihan protokol yang lebih sesuai untuk sistem rumah cerdas berdasarkan analisis kinerja yang dilakukan..

Kata Kunci – Protokol CoAP; Protokol MQTT; Sistem Rumah Cerdas; Packet Loss; Delay; Throughput

Enterprise Architecture Design of Coffee Chaproek Cafe Information System Using TOGAF Adm Model

Abstract: This study aims to analyze and compare the performance of two communication protocols, CoAP and MQTT, in the implementation of smart home systems. The testing was conducted by measuring several performance parameters such as packet loss, delay, and throughput on devices connected within the IoT system. The smart home system used in this study consists of devices such as DHT11 sensors connected to ESP32 microcontrollers and a Raspberry Pi acting as a server to process and distribute data. The results indicate that while MQTT is more efficient in terms of throughput, the CoAP protocol excels in energy efficiency and has lower latency. This study provides recommendations on selecting the most suitable protocol for smart home systems based on the performance analysis conducted.

Keywords – CoAP Protocol; MQTT Protocol; Smart Home System; Packet Loss; Delay; Throughput

1. PENDAHULUAN

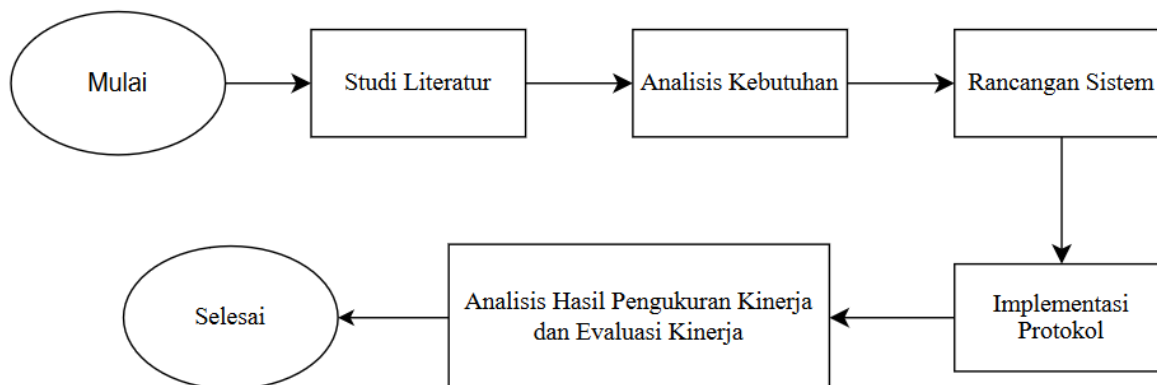
IoT (Internet of Things) telah menjadi pendorong utama transformasi teknologi modern, termasuk dalam pengembangan rumah pintar. Rumah pintar didefinisikan sebagai tempat tinggal berbasis teknologi yang memungkinkan pengendalian perangkat rumah tangga secara jarak jauh melalui sistem terintegrasi. Sistem ini menawarkan kenyamanan, penghematan energi, keamanan, dan fleksibilitas dengan memantau serta mengelola perangkat menggunakan perangkat pintar seperti tablet atau smartphone.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, tantangan muncul dari aspek interoperabilitas dan keamanan. Keberagaman protokol komunikasi seperti CoAP (Constrained Application Protocol) dan MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) dapat menyulitkan integrasi antar perangkat. Keamanan juga menjadi isu penting karena kerentanan protokol dapat membuka celah akses oleh pihak tidak berwenang. Selain itu, beberapa protokol mungkin menghasilkan konsumsi energi yang tidak efisien, membatasi potensi perangkat bertenaga rendah.

Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja protokol CoAP dan MQTT dalam sistem rumah pintar berdasarkan parameter QoS seperti delay dan packet loss. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan panduan bagi pengembang sistem rumah pintar dalam memilih protokol komunikasi yang paling sesuai, sehingga tercipta sistem yang lebih andal, aman, dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah pendekatan sistematis dalam mengumpulkan dan mengevaluasi data selama penelitian untuk memastikan keandalan, validitas, dan reliabilitas metode yang digunakan (Arhami, Husaini, Salahuddin, & Rudi F, 2023). Dalam penelitian analisis kinerja protokol CoAP dan MQTT pada sistem rumah cerdas, peneliti akan melakukan pengujian kinerja kedua protokol tersebut dengan mengimplementasikannya pada perangkat keras ESP8266 dan Raspberry Pi. Metode penelitian yang akan digunakan adalah pendekatan eksperimental, yakni meliputi studi pustaka, pengujian, serta analisis hasil untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang kinerja protokol tersebut. Gambaran metodologi ini direpresentasikan dalam diagram yang menunjukkan tahapan pengumpulan data, analisis kebutuhan, rancangan sistem, implementasi protokol, serta analisis hasil pengukuran kinerja dan evaluasi kinerja.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Studi Literatur

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur yang menyeluruh melalui berbagai sumber, termasuk jurnal ilmiah dan buku. Studi literatur ini dilakukan untuk mengumpulkan data terkait kinerja sistem rumah cerdas yang menggunakan protokol CoAP dan MQTT. Data yang dikumpulkan merupakan data kuantitatif yang meliputi informasi tentang kinerja sistem rumah cerdas, termasuk metrik kinerja yang diukur dan hasil analisis yang diperoleh. Data ini kemudian digunakan sebagai bahan analisis dalam penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja kedua protokol sistem rumah cerdas tersebut sehingga dapat memastikan keakuratan dan keandalannya dalam menyediakan data yang diperlukan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan informasi yang relevan dan terkini. Dengan begitu, peneliti dapat mendalami kerangka konseptual yang telah ada dan menyesuaikan penelitian mereka agar sejalan dengan temuan-temuan sebelumnya.

2.2. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan salah satu langkah penting yang harus dilakukan agar penelitian dapat berjalan dengan baik serta dapat mengetahui target yang akan dicapai. Analisis kebutuhan untuk penelitian ini melibatkan identifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional seperti, hardware maupun software yang diperlukan.

2.2.1. Analisis Kebutuhan Fungsional

Mengidentifikasi kebutuhan fungsional menjadi patokan dalam menentukan proses-proses yang diperlukan untuk sistem yang akan dibangun. Dalam hal ini, kebutuhan fungsional system mencakup pemetaan detail proses penelitian yang harus dilakukan, termasuk langkah-langkah spesifik dan parameter pengukuran yang akan menjadi penilaian hasil akhir. Berikut adalah kebutuhan fungsional yang harus dianalisis dalam penelitian yang akan dikembangkan:

1. Sistem dapat mendeteksi suhu kelembaban ruangan
2. Keberhasilan client (MQTT/CoAP) mengirim pesan
3. Keberhasilan server menerima pesan yang dikirim oleh client
4. Keberhasilan membandingkan kinerja kedua protokol berdasarkan parameter yang telah ditentukan, diantaranya:
 - 1) Packet loss
 - 2) Delay
 - 3) Throughput

2.2.2. Analisis Kebutuhan Non-Fungsional

Mengidentifikasi kebutuhan non-fungsional bertujuan untuk menentukan spesifikasi yang diperlukan agar sistem yang akan dibangun dapat beroperasi dengan baik dan memberikan dukungan. Berikut adalah kebutuhan non-fungsional yang harus dipenuhi oleh sistem yang akan dikembangkan:

Tabel 1. Kebutuhan Non-Fungsional Hardware

No	Nama Hardware	Jumlah	Fungsi
1.	Sensor DHT 11	1	Membaca suhu dan kelembaban ruangan
2.	NodeMCU ESP 32 Devkit 1	1	Sebagai board mikrokontroler untuk menghubungkan sistem ke jaringan Wi-Fi dan client, mengolah data dari sensor untuk dikirimkan ke server
3.	Kabel data micro USB	1	Menghubungkan NodeMCU ke sumber daya dan perangkat komputer
4.	Raspberry Pi 3	1	Sebagai server untuk mengumpulkan dan menerima pesan dari client
5.	Breadboard	1	Tempat perakitan sementara untuk menghubungkan komponen hardware
6.	Kabel Jumper M to M	2	Penghubung antar pin di breadboard
7.	Kabel Jumper M to F	3	Menghubungkan pin male ke female pada breadboard atau komponen lain
8.	Resistor 10k ohm	1	Sebagai pull-up resistor untuk menjaga stabilitas sinyal data
9.	Router	1	Menghubungkan perangkat ke jaringan internet
10.	Monitor	1	Menampilkan visualisasi server dan hasil pengujian
11.	Mouse	1	Sebagai alat interaksi dengan Raspberry Pi
12.	Keyboard	1	Sebagai alat interaksi dengan Raspberry Pi
13.	Kabel HDMI	1	Menghubungkan Raspberry Pi ke monitor

Tabel 2. Kebutuhan Non-Fungsional Software

No	Nama Software	Jumlah	Fungsi
1.	Fritzing	1	Software untuk merancang dan mensimulasikan rangkaian elektronik secara visual
2.	Arduino IDE	1	Platform pengembangan perangkat lunak untuk mengolah program pada mikrokontroler

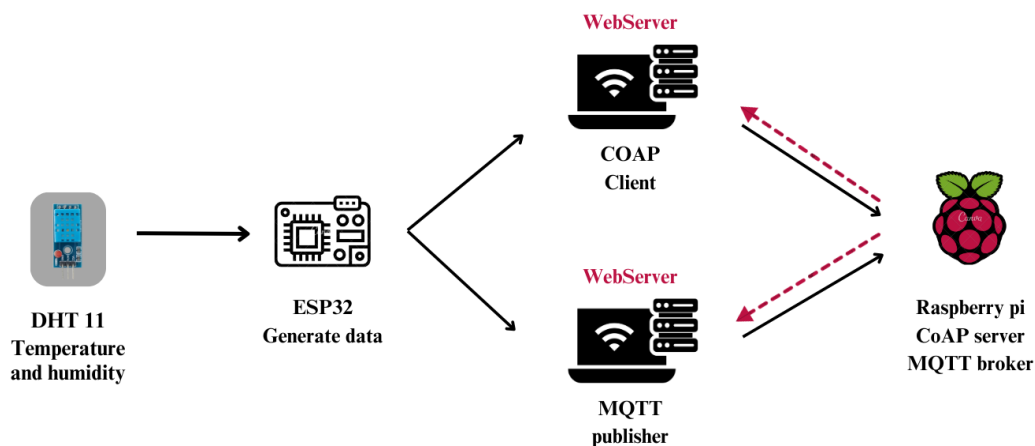
3.	Mosquitto	1	Protokol komunikasi MQTT untuk mengirim dan menerima pesan antar perangkat IoT
4.	CoAP	1	Protokol komunikasi ringan untuk perangkat terhubung dalam jaringan IoT

2.3. Rancangan Sistem

Perancangan sistem memberikan gambaran proyek yang akan diimplementasikan ke dalam proyek penelitian akhir. Rancangan sistem ini dibagi menjadi tiga sub bagian diantaranya, alur kerja sistem, desain alat, dan perakitan. Setiap tahapan perancangan bertujuan untuk memastikan bahwa setiap perangkat dalam sistem dapat berfungsi dengan baik, sehingga data dari sensor dapat dikumpulkan dengan akurat melalui mikrokontroler. Pada tahap perakitan, komponen perangkat keras diintegrasikan dengan perangkat lunak untuk membangun sistem secara fisik. Selain itu, rancangan ini juga memperhatikan kebutuhan komunikasi antarperangkat, di mana protokol CoAP dan MQTT digunakan untuk mendukung pengiriman data secara efisien. Dengan mengikuti rancangan ini, sistem yang dirancang diharapkan mampu bekerja secara optimal dalam berbagai kondisi pengujian.

2.3.1. Alur Kerja Sistem

Berikut gambaran besar alur kerja sistem rumah cerdas yang akan dianalisis berdasarkan kinerja protokol CoAP dan MQTT dirancang dengan menggunakan arsitektur client-server. Raspberry Pi berperan sebagai pusat komunikasi data dalam sistem rumah cerdas dengan fungsi sebagai CoAP server dan MQTT broker, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai client. Saat protokol MQTT yang dijalankan, Raspberry Pi digunakan untuk mengelola distribusi pesan antara publisher (ESP32) dan subscriber (web server/arduino IDE). Sedangkan saat protokol CoAP yang dijalankan, Raspberry Pi digunakan untuk memproses permintaan (request) dari client (ESP32) dan memberikan respons (response). ESP32 digunakan untuk Mengambil data dari DHT11 dan mengirimkannya ke Raspberry Pi menggunakan protocol MQTT (sebagai publisher) atau CoAP (sebagai client). Selain itu, yang berperan sebagai web server yang akan menampilkan data hasil pengukuran yaitu Arduino IDE (Web Server). Seperti yang sudah divisualkan pada gambar 3.2 tersebut.



Gambar 2. Skema alur kerja sistem

Dilihat dari skema alur kerja sistem tersebut dimana sensor DHT11 bertindak sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban ruangan. Data suhu dan kelembaban tersebut kemudian ditransfer ke ESP32 untuk dibaca dan ditampilkan melalui Arduino IDE. Kemudian dipublish ke raspberry pi sebagai server dan disubscribe kembali untuk ditampilkan secara visual hasilnya melalui Arduino IDE yang diperintah sebagai webserver. Sebagai tambahan, agar memperjelas alur

kerja sistem tersebut, berikut diagram alir sistem menggunakan CoAP dan MQTT yang akan ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4 di bawah ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Sistem

Bagian ini menyajikan hasil pengujian sistem yang berisi laporan output (keluaran) dari implementasi sistem yang telah dikembangkan sebelumnya. Pada tahap ini memiliki peran penting dalam proses pengembangan sistem atau proyek akhir, karena bertujuan untuk memastikan bahwa pengembangan program yang dibuat dapat berfungsi sesuai dengan ketentuan yang telah direncanakan sebelumnya. Selain itu, melalui pengujian ini, dilakukan analisis perbandingan kinerja antara kedua protokol yang digunakan yaitu MQTT dan CoAP berdasarkan parameter yang telah ditentukan, seperti delay, packet loss, dan throughput. Dengan begitu, melalui hasil pengujian sistem ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai efisiensi dan efektivitas masing-masing protokol dalam konateks system rumah cerdas yang dikembangkan.

3.1.1. Hasil Pengujian pada Sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi dan stabilitas sensor dalam membaca parameter suhu dan kelembaban. Pengukuran dilakukan dengan membaca nilai suhu dan kelembaban dari sensor secara periodik, kemudian mengirimkannya ke server menggunakan protokol komunikasi yang diuji, yaitu MQTT dan CoAP. Data hasil pembacaan sensor menjadi contoh data dalam pengujian ini yang akan dikirimkan ke masing-masing protokol untuk diuji kualitas kinerjanya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sensor DHT11 menunjukkan hasil pembacaan yang konsisten dengan rata-rata selisih kesalahan kurang dari $\pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 3\%$ untuk kelembaban.

3.1.2. Hasil Pengujian pada Protokol berdasarkan Packet Loss

Packet loss dalam penelitian ini diukur dengan menghitung jumlah paket yang dikirimkan dari perangkat ESP32 ke server dan membandingkannya dengan jumlah paket yang berhasil diterima. erdasarkan hasil pengujian, protokol MQTT memiliki tingkat packet loss yang lebih rendah dibandingkan CoAP, terutama dalam kondisi jaringan yang tidak stabil. Hal ini terlihat pada hasil pengujian yang menunjukkan bahwa MQTT mampu menerima hampir semua paket yang dikirimkan, sementara CoAP mengalami lebih banyak paket yang hilang. Sementara itu, CoAP yang berbasis UDP lebih rentan terhadap kehilangan paket karena tidak memiliki mekanisme retransmisi secara default, kecuali jika menggunakan mode confirmable message yang menambah beban komunikasi. Namun, penggunaan mode ini justru menambah overhead dalam komunikasi, sehingga dapat mempengaruhi efisiensi protocol dalam kondisi tertentu. Dengan demikian, dalam kondisi jaringan yang tidak stabil, MQTT lebih andal dibandingkan CoAP dalam hal packet loss, sementara CoAP lebih rentan terhadap kehilangan data akibat sifat protokolnya yang ringan tetapi kurang menjamin keandalan transmisi.

3.1.3. Hasil Pengujian pada Protokol berdasarkan Delay

Pengujian delay dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan suatu paket dari perangkat ESP32 hingga diterima oleh server. Delay dihitung dengan mencatat timestamp pada saat pengiriman dan penerimaan data, kemudian dihitung selisih waktu antara keduanya. Berdasarkan pengujian delay, CoAP menunjukkan performa yang lebih baik dengan nilai delay yang lebih rendah dibandingkan MQTT. Hal ini karena CoAP menggunakan UDP yang lebih ringan dibandingkan MQTT yang berjalan di atas TCP. Meskipun begitu, keunggulan ini dapat berkurang dalam skenario di mana banyak perangkat mengirim data

secara bersamaan, karena CoAP tidak memiliki mekanisme manajemen koneksi yang seefisien MQTT.

3.1.4. Hasil Pengujian pada Protokol berdasarkan Throughput

Throughput dalam penelitian ini dihitung berdasarkan jumlah data yang berhasil dikirimkan dalam satuan waktu tertentu. Pengukuran dilakukan dengan mencatat ukuran paket yang dikirimkan dan menghitung jumlah paket yang diterima dalam interval waktu tertentu. Hasil pengujian throughput menunjukkan bahwa MQTT memiliki throughput yang lebih tinggi dibandingkan CoAP. Ini dikarenakan MQTT menggunakan sesi komunikasi yang lebih efisien dalam mempertahankan koneksi dan mengelola lalu lintas data. Sebaliknya, CoAP yang bersifat stateless memerlukan lebih banyak overhead dalam setiap transaksi data, yang mengurangi efisiensi throughput. Namun, dalam kondisi jaringan yang terbatas, CoAP tetap dapat menjadi pilihan yang lebih baik karena ukurannya yang lebih kecil dibandingkan MQTT. Berikut tabel ringkasan perbandingan hasil pengujian dari protokol MQTT dan CoAP.

Tabel 2. Ringkasan Perbandingan Hasil Pengujian

Parameter	MQTT	CoAP
Packet Loss	Lebih rendah, karena memiliki mekanisme QoS yang memungkinkan retransmisi paket yang hilang	Lebih tinggi, karena berbasis UDP yang tidak memiliki mekanisme retransmisi bawaan, kecuali menggunakan mode confirmable message.
Delay	Lebih tinggi, karena menggunakan protokol berbasis TCP yang memerlukan proses handshake dan kontrol reliabilitas.	Lebih rendah, karena berbasis UDP yang lebih ringan dan tidak memiliki overhead tambahan seperti TCP.
Throughput	Lebih tinggi karena komunikasi berbasis sesi	Lebih rendah, karena setiap transaksi memerlukan overhead tambahan akibat sifat stateless dari UDP.

3.2. Pembahasan Hasil Pengujian

Pembahasan hasil pengujian disini akan membahas mengenai kode program yang dibutuhkan dan digunakan dari seluruh proses penelitian.

```

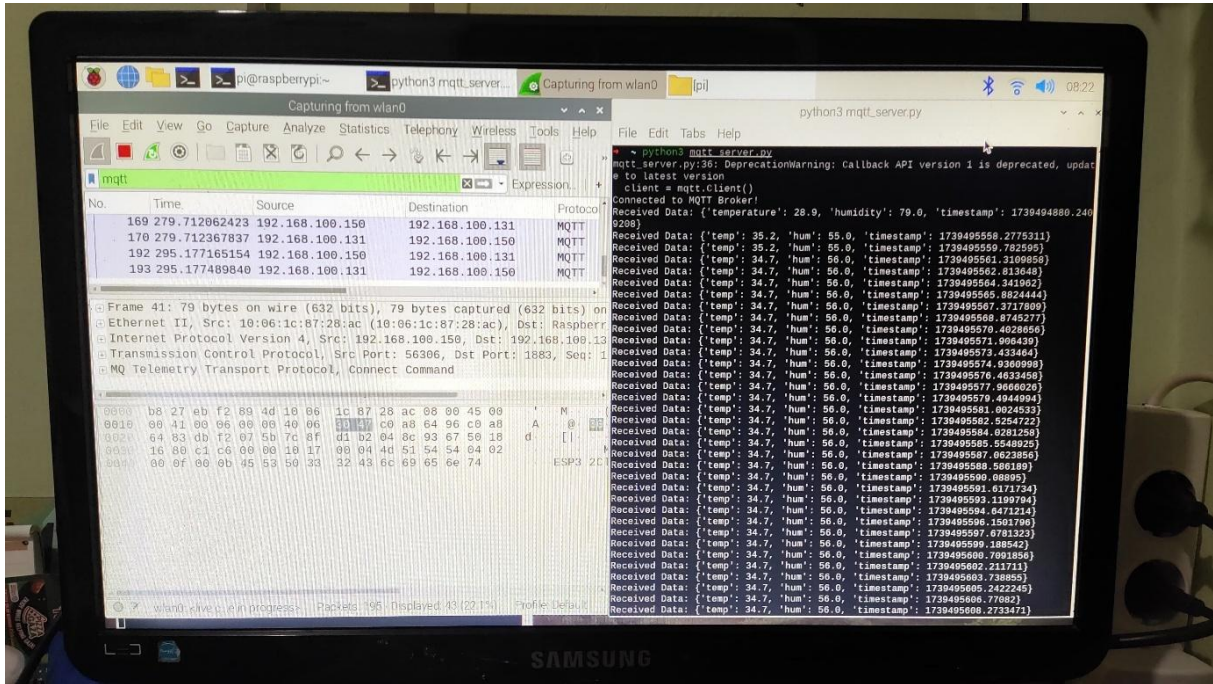
ESP32_MQTT_Client.ino
1 #include <Wifi.h>
2 #include <PubSubClient.h>
3 #include <DHT.h>
4 #include <SPIFFS.h>
5
6 #define DHTPIN 4
7 #define DHTTYPE DHT11
8
9 const char* ssid = "Arya Grub";
10 const char* password = "99barokah";
11 const char* mqtt_server = "192.168.100.131"; // IP Raspberry Pi
12
13 WiFiClient espClient;
14 PubSubClient client(espClient);
15 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
16
17 // Variabel pengukuran
18 const int total_packets = 150;
19 int packets_received = 0;
20 unsigned long start_time, end_time;
21 unsigned long send_times[total_packets];
22 unsigned long receive_times[total_packets];
23 int packet_index = 0;
    
```

Output Serial Monitor x

```

Message (Enter to send message to 'DOIT ESP32 DEVKIT V1' on 'COM4')
08:39:57.711 -> WiFi connected!
08:39:57.748 -> MQTT Connected
08:43:44.998 -> ===== HASIL PENGUJIAN MQTT =====
08:43:45.044 -> Packet Received: 150
08:43:45.044 -> Packet Loss: 0.00%
08:43:45.044 -> Throughput: 0.66 packets/sec
08:43:45.044 -> Average Delay: 1502.03 ms
08:43:45.044 -> =====
08:43:45.044 -> Pengujian selesai.
    
```

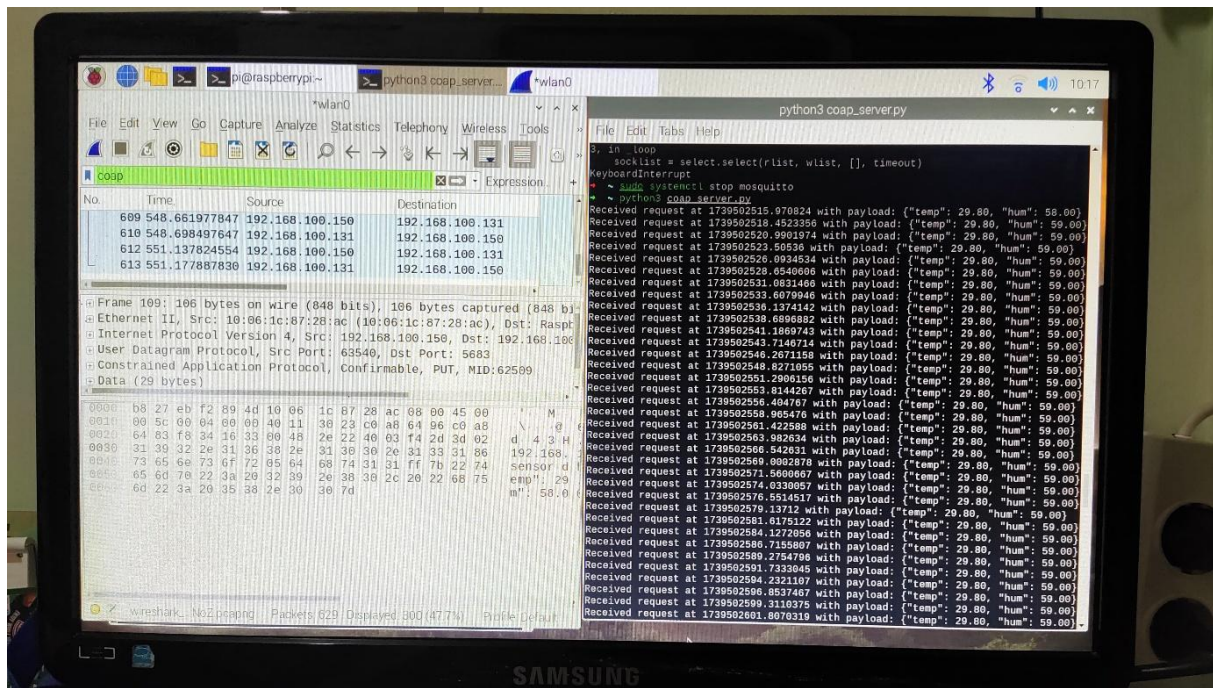
Gambar 3. Hasil kode program MQTT client



Gambar 4. Hasil kode program MQTT server



Gambar 5. Hasil kode program CoAP client



Gambar 6. Hasil kode program CoAP server

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pemantauan suhu ruangan pada rumah cerdas berbasis IoT dengan menggunakan protokol komunikasi MQTT dan CoAP. Sistem ini dirancang untuk menganalisis dan membandingkan kinerja kedua protokol berdasarkan delay, packet loss, dan throughput dalam proses pengiriman data sensor DHT11 dari ESP32 (client) ke Raspberry Pi (server), serta menampilkan hasil pengujian melalui Web Server. Dari seluruh tahapan penelitian, mulai dari perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dirancang mampu mengukur suhu ruangan menggunakan sensor DHT11 dan mengirimkan data ke server menggunakan protokol MQTT dan CoAP. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MQTT memiliki performa lebih baik dalam hal throughput dan delay jika dibandingkan dengan CoAP. Pada kondisi jaringan yang stabil, MQTT lebih unggul dalam pengiriman data secara cepat, tetapi pada kondisi jaringan yang kurang stabil, CoAP lebih mampu menangani packet loss dengan lebih baik. Tampilan Web Server ESP32 berhasil menyajikan hasil pengujian dalam bentuk diagram batang, yang memungkinkan pengguna untuk membandingkan performa protokol dalam Waktu nyata. Dengan sistem ini, pengguna dapat memonitor kondisi ruangan serta memahami keunggulan dan kelemahan dari kinerja masing-masing protokol dalam komunikasi IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almheiri, A., & Maamar, Z. (2021). IoT Protocols - MQTT versus CoAP. Proceedings of the 4th International Conference on Networking, Information Systems & Security, 1-5.
- [2] Arhami, M., Husaini, Salahuddin, H., & Rudi F, F. Y. (2023). Metodologi Penelitian untuk Teknologi Informasi dan Komputer (1 ed.). (L. Mayasari, Ed.) Penerbit ANDI.
- [3] Esposito, M., Belli, A., Palma, L., & Pierleoni, P. (2023). Design and Implementation of a Framework for Smart HomeAutomation Based on Cellular IoT, MQTT, andServerless Functions. Sensors, 23(9).
- [4] Fahd A, A., & Ebtesam J, A. (2020, January). Securing Communication between Fog Computing and IoT. Journal of Communications, 15(1), 14-30. doi:10.12720/jcm

- [5] Hendrik, Anjomshooa, A., & Tjoa, A. M. (2014). Towards Semantic Mashup Tools For Big Data Analysis. *Proceeding of the Information & Communication Technology-EurAsia Conference 2014*, (pp. 100-145). Bali.
- [6] Kusuma, F. T., Munadi, R., & Irawan, A. I. (2019). Analisa Dan Implementasi Smart Home Menggunakan Protokol Mqtt Dan Xmpp Berbasis Internet Of Things. *eProceedings of Engineering*, 6(2).
- [7] Kusuma, F. T., Munady, R., & Irawan, A. I. (2019). Analisa dan Implementasi Smart Home Menggunakan Protokol MQTT dan XMPP Berbasis Internet of Things. *e-Proceeding of Engineering*, 6(2), 3157 - 3166.
- [8] Naik, G. P., & Bapat, P. U. (2020). A Brief Comparative Analysis on Application Layer Protocols of Internet of Things: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 9(9), 135 - 141. Retrieved from <https://ijcsmc.com/docs/papers/September2020/V9I9202019.pdf>
- [9] Patti, G., Leonardi, L., Testa, G., & Bello, L. L. (2024, April 15). PrioMQTT: A prioritized version of the MQTT protocol. *Computer Communications*, 220, 43-51. Retrieved from [https://pdf.sciencedirectassets.com/271515/1-s2.0-S0140366424X00067/1-s2.0S0140366424001105/main.pdf?X-Amz-SecurityToken=IQoJb3JpZ2luX2VjEKT%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDE6HppPjljULpOm9t79SS5Ri6A2rhy5NJO5T%2FVYeTFvAlgMaEN3Dup8N](https://pdf.sciencedirectassets.com/271515/1-s2.0-S0140366424X00067/1-s2.0S0140366424001105/main.pdf?X-Amz-SecurityToken=IQoJb3JpZ2luX2VjEKT%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDE6HppPjljULpOm9t79SS5Ri6A2rhy5NJO5T%2FVYeTFvAlgMaEN3Dup8N)
- [10] Safitri, N. A., & Priambodo, A. S. (2023). MQTT and CoAP Communication Protocol Analysis in Internet of Things System for Strawberry Hydroponic Plants. *Journal of Robotics, Automation, and Electronics Engineering*, 1(1), 45-56.
- [11] Seoane, V., Rubio, C. G., Almenares, F., & Campo, C. (2021). Performance evaluation of CoAP and MQTT with Security Support for IoT Environments. *Computer Networks*, 41-48. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108338>
- [12] Setiawan, A. M. (2013). Integrated Framework For Business Process Complexity Analysis. Retrieved from ECIS 2013 Completed Research: http://aisel.aisnet.org/ecis2013_cr/49
- [13] Taufiq, H. (2015). *Argumentasi dan Validitas*. Yogyakarta: Darqin.
- [14] Wahid, F. (2014). The Antecedents And Impacts of a Green Eprocurement Infrastructure: Evidence From The Indonesian Public Sector. *International Journal of internet Protocol Technology*, 7(4), 210-218.
- [15] Yalçınkaya, F., Aydilek, H., Erten, M. Y., & İnanç, N. (2020). IoT based Smart Home Testbed using MQTT Communication Protocol. *International Journal of Engineering Research and Development*, 317-324.
- [16] Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: Andi Publisher.