PENERAPAN PROTOKOL MQTT PADA SISTEM *SMART HELMET CABINET* BERBASIS *MOBILE QR CODE*

SAFUAN
H1051191069

SKRIPSI

JURUSAN REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

PENERAPAN PROTOKOL MQTT PADA SISTEM *SMART HELMET CABINET* BERBASIS *MOBILE QR CODE*

SAFUAN
H1051191069

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

JURUSAN REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Penerapan Protokol MQTT Pada Sistem *Smart Helmet Cabinet* Berbasis *Mobile QR Code*
Nama Mahasiswa	: Safuan
NIM	: H1051191069
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 25 Mei 2026
SK Pembimbing	: No. 1945/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 11 Juli 2024
SK Penguji	: No. 2837/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 5 Juni 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Kasliono, S.Mat., M.Cs.
NIP 198607012014041001	NIP 199306202022031005

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP 199007232023211017	NIP 199305032022031003

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Kasliono, S.Mat., M.Cs.
NIP 198607012014041001	NIP 199306202022031005

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Safuan
NIM	:	H1051191069
Program Studi/ Jurusan	:	Rekayasa Sistem Komputer
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 25 Mei 2026



Safuan

NIM. H1051191069

PENERAPAN PROTOKOL MQTT PADA *SISTEM SMART HELMET CABINET* BERBASIS *MOBILE QR CODE*

ABSTRAK

Smart Helmet Cabinet berbasis *Mobile QR Code* adalah sistem IoT yang menggunakan ESP32-CAM untuk memindai QR Code dan NodeMCU ESP32 untuk mengendalikan aktuator loker, dengan komunikasi antar perangkat melalui broker MQTT (Mosquitto) dan validasi data oleh server melalui protokol HTTP. Penelitian ini bertujuan mengukur performa protokol MQTT dalam sistem tersebut serta menganalisis akurasi transmisi data terkait *bottleneck* pada sistem. Pengukuran *delay* dilakukan menggunakan Wireshark berdasarkan 50 kali pengujian pengiriman data. Hasil menunjukkan rata-rata *delay* keseluruhan sistem sebesar 1452 ms, dengan nilai minimum 727 ms dan maksimum 7237 ms. Di sisi lain, komunikasi berbasis MQTT menunjukkan delay yang jauh lebih kecil, yaitu 0,130–2,025 ms untuk komunikasi ESP32-CAM ke NodeMCU ESP32, dan 0,132–5,196 ms untuk komunikasi sebaliknya. Temuan ini mengindikasikan adanya bottleneck pada sistem, dengan persentase akurasi sebesar 96% pada transmisi ESP32-CAM ke NodeMCU ESP32, 96% pada NodeMCU ESP32 ke ESP32-CAM, dan 94% akurasi transmisi sistem secara keseluruhan, meskipun beberapa nilai *bottleneck* tercatat meningkat signifikan. Tingginya *delay* ini disebabkan oleh kompleksitas alur komunikasi yang melibatkan banyak tahap serta penggunaan protokol campuran (MQTT dan HTTP) dalam proses validasi data.

Kata Kunci : *Smart Helmet Cabinet,* MQTT*, Delay, QR Code, Bottleneck*

IMPLEMENTATION ANALYSIS OF MQTT *PROTOCOL IN A SMART HELMET CABINET SYSTEM USING MOBILE QR CODE*

ABSTRACT

Smart Helmet Cabinet Based on Mobile QR Code is an IoT system that uses an ESP32-CAM to scan QR Codes and a NodeMCU ESP32 to control the locker actuators, with communication between devices carried out through an MQTT broker (Mosquitto) and data validation performed by the server via the HTTP protocol. This study aims to measure the performance of the MQTT protocol within the system and to analyze the accuracy of data transmission related to bottlenecks in the system. Delay measurements were conducted using Wireshark based on 50 rounds of data transmission testing. The results show that the overall system delay averaged 1,452 ms, with a minimum value of 727 ms and a maximum of 7,237 ms. On the other hand, MQTT-based communication showed a much smaller delay, ranging from 0.130–2.025 ms for communication from the ESP32-CAM to the NodeMCU ESP32, and 0.132–5.196 ms for the reverse communication. These findings indicate the presence of a bottleneck in the system, with transmission accuracy of 96% for ESP32-CAM to NodeMCU ESP32, 96% for NodeMCU ESP32 to ESP32-CAM, and 94% for overall system transmission accuracy, although some bottleneck values were recorded to increase significantly. This high delay is caused by the complexity of the communication flow, which involves multiple stages, as well as the use of mixed protocols (MQTT and HTTP) in the data validation process.

Keywords: *Internet of Things,* MQTT*, Smart Helmet Cabinet, Delay, Bottleneck*

PRAKATA

Alhamdulillah segala puji Syukur atas segala hikmah dan nikmat yang telah diberikan Allah SWT kepada kita semua, Shalawat serta salam tak lupa penulis tujukan kepada Rasulullah SAW atas perjuangannya beliau membawa Cahaya kebenaran, sehingga penulis dapat rasakan sampai saat ini. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Penerapan Protokol MQTT pada Sistem *Smart Helmet Cabinet* berbasis *Mobile QR Code*" sebagai syarat bagi penulis untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.Kom) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Semua Hasil yang diperoleh ini tidak lepas dari segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang tidak pernah berhenti mendorong penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Sebagai penghargaan dari penulis, izinkanlah penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sabarani dan Ibu Yuniarti yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, serta material selama perkuliahan.
2. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si.,M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
3. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Bapak Uray Ristian, S.Kom,. M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasehat dan saran selama masa perkuliahan.
5. Bapak Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing, memberikan nasehat serta masukan dan saran dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
6. Bapak Kasliono, S.Mat., M.Cs., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan dan motivasi selama masa perkuliahan dan telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan dorongan serta bimbingan dalam penulisan skripsi.

7. Bapak Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom,. sebagai dosen penguji pertama yang telah memberikan koreksian dalam penulisan skripsi dan motivasi membangun kepada penulis.
8. Bapak Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen penguji kedua yang telah memberikan koreksian dalam penulisan skripsi dan motivasi membangun kepada penulis.
9. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf prodi Rekayasa Sistem Komputer yang telah memberikan didikan dan ilmu selama masa perkuliahan.
10. Saudara Muhammad Raymount Abdahu S.Kom yang telah membantu pengerjaan tugas akhir.
11. Saudara Yusdi Qomarullah S.Kom dan sahabat yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.
12. Saudari Sri Rizky S.Kom yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dan angkatan ENTER'19 yang telah memberi semangat sehingga penulisan dan pengerjaan tugas akhir ini dapat di selesaikan.
13. Saudara Abraham Noviandi Wijaya, Arya Gutawa, M Rizal Ramadhan yang telah membantu proses pengerjaan tugas akhir ini hingga dapat diselesaikan
14. Keluarga HIMPIBAT yang telah membantu dalam proses menyelesaikan apa yang harusnya diselesaikan.

Pontianak, 18 Mei 2026

Safuan
H1051191069

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR KODE PROGRAM xii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 LANDASAN TEORI 7
2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu 7
2.2 *Protocol Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) 8
2.3 *Smart Helmet Cabinet* 9
2.4 *Delay* 10
2.5 *Bottleneck* 11
2.6 *QR Code* 11
2.7 *Internet Of Things* 12
2.8 NodeMCU ESP32 12
2.9 ESP32-CAM 13
2.10 Modul *Relay* 13
2.11 Solenoid Door Lock 14
2.12 Buzzer 14
2.13 Mosquito 15
2.14 *Wireshark* 15
BAB 3 METODE PENELITIAN 16
3.1 Studi Literatur 17
3.2 Analisis Kebutuhan 17
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras 17
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 17
3.3 Pengumpulan Data 18
3.4 Perancangan Sistem 18
3.4.1 Perancangan Sistem Perangkat Keras 18
3.4.2 Perancangan Sistem Perangkat Lunak 19
3.4.3 Perancangan Pengujian 19
3.5 Implementasi Sistem 19
3.5.1 Implementasi Perangkat Keras 19
3.5.2 Implementasi Perangkat Lunak 20
3.6 Pengujian Sistem 20

3.7 Kesimpulan dan Saran 20
BAB 4 PERANCANGAN 21
4.1 Deskripsi Penelitian 21
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 22
4.3 Perancangan Perangkat Keras 23
4.3.1 Perancangan Sistem Pengontrolan *Relay Solenoid* 23
4.3.2 Perancangan Sistem Pemindaian *QR Code* 24
4.3.3 Perancangan Keseluruhan Perangkat Keras 25
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 26
4.4.1 Perancangan Perangkat Lunak ESP32-CAM 27
4.4.2 Perancangan Pengendalian *Relay* pada NodeMCU ESP32 29
4.4.3 Perancangan *Publisher* MQTT 30
4.4.4 Perancangan Subcriber MQTT 31
4.5 Perancangan Pengujian 33
4.5.1 Perancangan Pengujian *Delay* 33
4.5.2 Perancangan Pengujian Persentase *Bottleneck* 34
BAB 5 IMPLEMENTASI PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 35
5.1 Implementasi MQTT 35
5.2 Implementasi Pemindaian ESP32 CAM 35
5.3 Implementasi Sistem NodeMCU ESP32 36
5.4 Implementasi QR Code 36
5.5 Kode Program 37
5.5.1 Kode Program Pemindaian *QR Code* ESP32-CAM 37
5.5.2 Kode Program Implementasi NodeMCU ESP32 40
5.6 Pengujian Sistem 42
5.7 Pembahasan 48
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 52
6.1 Kesimpulan 52
6.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Protokol MQTT 9
Gambar 2.2 *Smart Helmet Cabinet* 10
Gambar 2.3 NodeMCU ESP32 13
Gambar 2.4 ESP32-CAM 13
Gambar 2.5 Modul *Relay* 14
Gambar 2.6 *Solenoid Door Lock* 14
Gambar 2.7 *Buzzer* 15
Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian 16
Gambar 4.1 Deskripsi Sistem Smart Helmet Cabinet 21
Gambar 4.2 Topologi *Star* (Bintang) 22
Gambar 4.3 Perancangan Pengontrolan Relay 24
Gambar 4.4 Perancangan Pemindaian *QR Code* 25
Gambar 4.5 Perancangan Keseluruhan Perangkat Keras 26
Gambar 4.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak 27
Gambar 4.7 *Flowchart* ESP32-CAM 28
Gambar 4.8 *Flowchart* Pengendalian *Relay* 29
Gambar 4.9 *Flowchart Publisher* ESP32-CAM 30
Gambar 4.10 *Flowchart Publisher* NodeMCU ESP32 31
Gambar 4.11 *Flowchart Subscriber* NodeMCU ESP32 32
Gambar 4.12 Flowchart *Subscriber* ESP32-CAM 32
Gambar 5.1 *Wireshark Capture* 35
Gambar 5.2 Serial Monitor Pemindaian *QR Code* 36
Gambar 5.3 Serial Monitor NodeMCU ESP32 36
Gambar 5.4 Implementasi QR Code Dinamis 36
Gambar 5.5 Pengujian *Broker* MQTT menggunakan MQTT Explorer 42
Gambar 5.6 Pengujian Protokol MQTT pada *Wireshark* 43
Gambar 5.7 Grafik perangkat ESP32-CAM ke NodeMCU ESP32 46
Gambar 5.8 Grafik perangkat NodeMCU ESP32 ke ESP32-CAM 47
Gambar 5.9 Grafik Pengujian *Bottleneck* Keseluruhan Sistem 48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 7
Tabel 4.1 Tabel pin modul *relay* 23
Tabel 4.2 Tabel Pengujian *Delay* 33
Tabel 4.3 Tabel Pengujian Akurasi *Bottleneck* 34
Tabel 5.1 Hasil Pengujian *Delay* ESP32-CAM ke NodeMCU ESP32 43
Tabel 5.2 Hasil Pengujian *Delay* NodeMCU ESP32 ke ESP32-CAM 44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem 44

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 *Include library* dan *define* pada ESP32-CAM..... 37
Kode Program 5.2 Konfigurasi Jaringan, Protokol MQTT dan *Buzzer* Pin..... 37
Kode Program 5.3 Fungsi Setup dan Setup *WiFi* 38
Kode Program 5.4 Fungsi ReconnectMQTT 38
Kode Program 5.5 Fungsi MQTTCallback..... 39
Kode Program 5.6 Fungsi *QR*Task 40
Kode Program 5.7 *Include Library* 40
Kode Program 5.8 Konfigurasi Jaringan,MQTT dan Loker..... 40
Kode Program 5.9 Fungsi Setup 41
Kode Program 5.10 Fungsi Reconnect MQTT 41

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Loker merupakan lemari yang dilengkapi dengan kunci dan digunakan untuk keperluan penyimpanan. Loker juga merupakan fasilitas tempat penitipan barang yang biasanya ditempatkan pada tempat umum seperti pusat perbelanjaan, tempat berolahraga, sekolah, serta kampus maupun tempat umum lainnya (Luthfi dkk., 2022) Loker memiliki fungsi untuk menyimpan berbagai barang pribadi seperti dokumen, laptop, dan lainnya sesuai kapasitas yang dimiliki secara aman karena memiliki kunci akses untuk membuka loker. Penggunaan loker bertujuan untuk menyimpan barang pribadi secara aman di area padat aktivitas untuk meminimalkan risiko kehilangan terhadap barang pribadi.

Selama ini loker memiliki pengaman kunci yang terbuat dari logam. Penggunaan kunci terlihat kuno dalam penggunaannya juga sudah tidak efektif untuk menjamin keamanan barang di dalam loker. Salah satu faktanya adalah sering terjadinya pencurian dan kehilangan barang pada loker, para pencuri dengan mudahnya membuka pengunci loker menggunakan seutas kawat atau dengan kunci tiruan lainnya (Komang & Riskiono, 2020). *Smart Helmet Cabinet* merupakan solusi untuk masalah terkait keamanan yang dimiliki loker karena *Smart Helmet Cabinet* dapat memanfaatkan teknologi *QR Code* atau NFC dalam proses penyimpanan ataupun pengambilan barang. Perkembangan teknologi telah membawa solusi inovatif untuk mengatasi masalah penyimpanan helm. Salah satunya adalah penggunaan *QR Code*, yang telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi untuk memfasilitasi proses seperti pembayaran dan manajemen inventaris (Abdahu dkk., 2024).

Pemanfaatan perangkat *IoT* dalam sistem *Smart Helmet Cabinet* memberikan inovasi pada penggunaan penyimpanan helm yang sudah menggunakan kunci berupa *QR Code*. Namun, implementasi sistem ini masih menghadapi kendala dalam hal komunikasi data yang cepat dan andal. Salah satu kendala yang sering terjadi adalah adanya *delay* dalam proses pengiriman dan penerimaan data. Dalam sistem *IoT*, terdapat beberapa protokol komunikasi yang dapat digunakan, seperti *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) dan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Meskipun HTTP banyak digunakan karena kesederhanaannya, protokol ini memiliki kelemahan dalam hal komunikasi *realtime*. Protokol MQTT di sisi lain, menawarkan pendekatan *publish-subscribe* yang ringan dan cocok untuk perangkat *IoT*. Namun hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara khusus mengevaluasi penerapan protokol MQTT dalam sistem *Smart Helmet Cabinet*, terutama terkait performansi komunikasi data berdasarkan parameter *delay* pada sistem.

Penelitian sebelumnya yang berjudul "Desain dan Implementasi Perangkat *E-Locker* Menggunakan *QR Code* Dan *Website* Monitoring Berbasis *Internet Of Things*" (Hadiansyah dkk., 2020). Pada penelitian ini, sistem di *website* dan *hardware* berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Terdapat *delay* pada *hardware mylocker untuk locker large* rata-rata sebesar 0,84 detik, *locker medium* rata-rata sebesar 0,589 detik, dan *locker small* rata-rata sebesar 0,856 detik.

Penelitian selanjutnya yang berjudul "Implementasi *Smart Helmet Cabinet* pada Penyimpanan Helm Berbasis *Mobile QR Code*" (Abdahu dkk., 2024). Pada penelitian ini didapat hasil berupa sistem berhasil melakukan autentikasi pada loker, ketika pengguna tidak memiliki akses maka sistem akan memberikan sinyal berupa bunyi panjang satu kali pada *buzzer*. Terdapat perbedaan *delay* (waktu tunggu) rata-rata antara notifikasi *buzzer* sebesar 4,93 detik dan pembukaan pintu loker sebesar 5,99 detik.

Penelitian yang berjudul "Analisis Perbandingan Kualitas Layanan Sistem Antara Protokol HTTP dan MQTT Pada Monitoring Kelembaban Tanah" (Prakoso dkk., 2020). Pada penelitian ini berfokus pada pengujian protokol MQTT dan HTTP pada sistem monitoring kelembapan tanah, pada saat pengujian *delay.* Hasil rata-rata *delay* yang menghasilkan pada parameter waktu diatas bahwa pengiriman

paket pada data *delay* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 68 *ms* pada waktu siang hari dengan protokol HTTP, sementara pada nilai terendah pada HTTP malam hari dengan rata-rata menunjukan *delay* sebesar 58 *ms*.

Dari penelitian sebelumnya, tentang Implementasi *Smart Helmet Cabinet* pada Penyimpanan Helm Berbasis *Mobile QR Code*, berhasil di implementasikan, komunikasi data yang digunakan yaitu protokol HTTP dengan rata-rata notifikasi *buzzer* sebesar 4,93 detik dan pembukaan pintu loker sebesar 5,99 detik. Penelitian yang membahas tentang MQTT pada umumnya membahas pada perangkat iot lain seperti monitoring kelembaban tanah. Penelitian yang membahas protokol MQTT di sistem *Smart Helmet Cabinet* belum dilakukan terutama untuk menganalisis *delay* pada sistem. Namun, penelitian yang secara khusus membahas performa protokol MQTT serta analisis karakteristik perubahan *delay* pada sistem *Smart Helmet Cabinet* berbasis masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada implementasi sistem atau pengukuran kinerja secara umum, tanpa melakukan analisis mendalam terhadap pola variasi *delay* yang terjadi selama proses komunikasi data.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan adanya analisis pada besar nilai *delay*, tetapi juga pada pola perubahan dan kestabilan *delay* yang terjadi selama proses komunikasi data berlangsung. Permasalahan yang ingin diteliti berkaitan dengan *delay* dan proses transmisi data pada *Smart Helmet Cabinet*. *Delay*. Pada sistem *Smart Helmet Cabinet* yang dirancang, proses komunikasi data dilakukan antara ESP32-CAM, NodeMCU ESP32, dan *server*. Transmisi data pada sistem dirancang melalui kombinasi protokol MQTT dan HTTP.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan pada penerapan protokol MQTT dalam sistem *Smart Helmet Cabinet* berbasis *Mobile QR Code*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa komunikasi data protokol MQTT berdasarkan parameter *delay* serta menganalisis persentase transmisi data pada perubahan *delay* yang terjadi pada proses antar perangkat dan keseluhan sistem. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kinerja protokol MQTT dalam sistem yang dikembangkan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan didapatkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa protokol MQTT pada sistem *Smart Helmet Cabinet* dalam parameter delay?
2. Bagaimana persentase transmisi data yang terindikasi *bottleneck* pada sistem *Smart Helmet Cabinet*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dilakukan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja protokol MQTT terhadap parameter *delay* pada sistem *Smart Helmet Cabinet*.
2. Menganalisis persentasi transmisi data terhadap *bottleneck* dalam sistem *Smart Helmet Cabinet* berdasarkan distribusi dan variasi nilai *delay* yang diperoleh dari hasil pengujian.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dilakukan agar pembahasan dan penyusunan laporan tidak meluas dari tujuan sistem yang akan dibuat. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem *Smart Helmet Cabinet* sebelumnya menggunakan protokol HTTP secara penuh. Dalam penelitian ini, protokol MQTT diterapkan untuk komunikasi antar perangkat (ESP32-CAM dan NodeMCU ESP32), sedangkan komunikasi antara NodeMCU ESP32 dan *server* masih menggunakan protokol HTTP sebagai pengiriman data *QR Code.*
2. Parameter utama yang dianalisis adalah *delay* pada pengiriman data menggunakan protokol MQTT .
3. Penelitian ini tidak membahas aspek keamanan komunikasi maupun optimasi kapasitas jaringan, tetapi fokus pada performa *delay* komunikasi data.
4. Penelitian ini berfokus pada waktu pengiriman data protokol MQTT terhadap alat di sistem *Smart Helmet Cabinet* berbasis *Mobile QR Code*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberi gambaran yang lebih nyata tentang bagaimana performa komunikasi data pada sistem *Smart Helmet Cabinet*. Fokus utamanya memang pada keterlambatan pengiriman data, atau *delay*, yang terjadi saat sistem berjalan. Dengan melakukan pengukuran dan analisis secara langsung, kita tidak hanya melihat hasil secara teori, tetapi juga memahami kondisi sebenarnya ketika proses transmisi berlangsung di lapangan.

Penelitian ini menjelaskan bagaimana *delay* itu muncul dan bagaimana polanya berubah selama pengujian. Kadang nilainya stabil, tapi di kondisi tertentu bisa saja terjadi lonjakan atau penurunan yang tidak terduga. Hal-hal seperti ini penting untuk diperhatikan, karena dari situ bisa dilihat apakah sistem sudah cukup konsisten atau justru masih perlu perbaikan agar lebih stabil.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 6 bab agar permasalahan dapat dijelaskan dan diuraikan untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang untuk menjelaskan kenapa penelitian ini dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori membahas tentang dasar teori pendukung yang digunakan dalam tugas akhir. Adapun landasan teori pada bab ini berupa Protokol MQTT, *Smart Helmet Cabinet*, *Delay*, *Internet of Things,* NodeMCU ESP32, ESP32-CAM, Modul *Relay*, *Solenoid Door Lock*, *Buzzer*, *Mosquitto,* dan *Wireshark*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian merupakan prosedur atau cara yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data untuk menjawab pertanyaan atau hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian yang dilakukan. Adapun isi dari metode penelitian yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan secara umum meliputi perancangan pada perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras yang bertugas sebagai pemindai *QR Code* pada sistem *Smart Helmet Cabinet* yaitu ESP32-CAM, dan yang bertugas sebagai aktuator pengontrol *solenoid* yang terhubung pada modul *relay* adalah NodeMCU ESP32. Pada perancangan perangkat lunak yaitu penambahan protokol MQTT pada program sistem *Smart Helmet Cabinet*.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan melakukan analisis dan implementasi sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Tahapan ini yaitu implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, pengujian, dan pembahasan.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian selanjutnya.