

## Prototipe Sistem Keamanan Parkir berbasis RFID dengan Protokol MQTT

Raihan Athallah Aditya<sup>1</sup>, Agung Setia Budi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>rehanatallah@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>agungsetiabudi@ub.ac.id

### Abstrak

Pada ruang parkir kendaraan bermotor masih memiliki banyak celah keamanan yang memungkinkan pencurian kendaraan bermotor. Kenaikan kasus pencurian kendaraan bermotor dapat diantisipasi dengan perkembangan teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi pencegahan tindakan pencurian pada area parkir menggunakan teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) dan protokol komunikasi MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Pada sistem ini terdapat aplikasi kontrol, node gerbang, dan node parkir. Aplikasi kontrol berperan sebagai antarmuka pengguna. Node gerbang berperan sebagai akses pintu masuk dan keluar sistem. Node gerbang melakukan verifikasi menggunakan RFID dengan mencocokkan UID pada RFID Tag dengan nilai rata-rata 0,284 ms untuk waktu proses baca. Node gerbang mampu mengunci akses berdasarkan pesan yang diterima dari node parkir. Node parkir berperan sebagai pendeteksi keberadaan kendaraan untuk masing-masing slot parkir. Node parkir melakukan verifikasi dengan membaca data UID, block 4, dan block 6 sebagai jaminan kendaraan. Waktu proses baca data pada node parkir didapat dengan nilai rata-rata 2022 ms. Node parkir akan mengirimkan pesan melalui MQTT berdasarkan kondisi terbaru dari slot parkir yang diamati. Arsitektur jaringan komunikasi MQTT dirancang agar keseluruhan sistem dapat saling terhubung. Untuk mendukung fungsi MQTT sebagai protokol komunikasi, telah dilakukan uji kinerja dari segi latensi dan keandalan. Latensi yang didapat bernilai rata-rata 27,4733 ms sehingga termasuk dalam kategori terbaik. Keandalan yang didapat tergolong dalam kategori sempurna dengan nilai 0% pesan hilang.

**Kata kunci:** Parkir, Sistem keamanan, IoT, RFID, MQTT, Latensi, Keandalan

### Abstract

*The motor vehicle parking space still has many security gaps that allow theft of motorized vehicles to occur. The increase in motor vehicle theft cases can be anticipated with the development of technology. This research aims to provide an alternative solution in preventing theft in the parking area by using RFID (Radio Frequency Identification) technology and the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) communication protocol. In this system, there are control applications, gate nodes, and parking nodes. The control application acts as a user interface. The gate node acts as access to the entrance and exit of the system. The gate node performs verification using RFID by matching the UID on the RFID Tag with an average value of 0.284 ms for the reading process time. The gate node is able to lock access based on messages received from the parking node. The parking node acts as a vehicle presence detector for each parking slot. The parking node verifies by reading the UID, block 4, and block 6 data as a guarantee of the vehicle. The data reading process time on the parking node is obtained with an average value of 2022 ms. Parking nodes will send messages via MQTT based on the latest conditions of the observed parking slots. The MQTT communication network architecture is designed so that the entire system can be interconnected. To support the function of MQTT as a communication protocol, performance tests have been carried out in terms of latency and reliability. The latency obtained is worth an average of 27.4733 ms so that it is included in the best category. The reliability obtained is classified in the perfect category with a value of 0% lost messages..*

**Keywords:** Parking, Security system, IoT, RFID, MQTT, Latency, Reliability

## 1. PENDAHULUAN

Pada ruang parkir kendaraan bermotor masih memiliki banyak celah keamanan yang memungkinkan pencurian kendaraan bermotor. Terbukti berdasarkan laporan “Jumlah Kejahatan Menurut Jenis Tindak Pidana di Provinsi Jawa Timur, 2015-2016” telah terjadi kasus pencurian kendaraan bermotor pada tahun 2015 sebanyak 3590 kasus dan meningkat menjadi 4948 kasus pada tahun 2016 (Badan Pusat Statistik, 2017). Peningkatan sistem keamanan kendaraan dapat menghindari pencurian dan kecelakaan (Fasiuddin, dkk., 2020). Hal ini memungkinkan pembentukan sistem keamanan parkir yang lebih baik guna mencegah kasus pencurian kendaraan bermotor.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, telah terdapat penelitian terdahulu yang telah memberikan solusi yakni “PROTOTIPE SISTEM KEAMANAN PARKIR BERBASIS TEKNOLOGI RFID” (Raharjo, 2021). Penelitian tersebut bertujuan untuk membentuk sebuah sistem keamanan parkir secara realtime dengan memantau akses area parkir. Metode yang digunakan dengan mengandalkan verifikasi RFID yang digunakan untuk mengakses node *gatekeeper* dan sebagai jaminan pada node sensor. Deteksi kendaraan menggunakan sensor loadcell sehingga jika terindikasi adanya pencurian, maka node sensor akan mengirimkan data RFID kepada node *gatekeeper* melalui protokol ESP-NOW sehingga gerbang akan ditutup dan mengirimkan laporan melalui SMS.

Dalam komunikasi IoT (*Internet of Things*), protokol ESP-NOW merupakan pilihan yang baik karena metode *peer-to-peer* yang sederhana memungkinkan *overhead* rendah sehingga memadai untuk sumber daya dan ruang lingkup terbatas. Namun dalam skala operasi yang lebih luas, ESP-NOW kurang efektif dan efisien. Perlu untuk mempertimbangkan protokol lain yang lebih memadai seperti HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) atau MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). HTTP dan MQTT berjalan diatas protokol TCP/IP. HTTP berjalan dengan metode *request/respond*. HTTP mampu mengirimkan data dalam jumlah besar dalam satu paket namun dapat menyebabkan *overhead* yang tinggi. *Overhead* tinggi dapat menyebabkan masalah bandwidth pada komunikasi IoT. Sedangkan MQTT berjalan dengan metode *publish/subscribe*. MQTT memiliki ukuran *header* tetap sebesar 2 byte

sehingga *overhead* yang ada sangat ringan. Sebagai protokol yang ringan, MQTT cocok digunakan dalam komunikasi M2M (*machine to machine*) dan WSN (*Wireless Sensor Network*) (Wukkadada, dkk., 2018).

Berdasarkan hal tersebut, sistem ini akan memanfaatkan RFID untuk memverifikasi identitas pengguna dan MQTT sebagai protokol komunikasi antar perangkat. Kinerja yang baik diperlukan untuk mendukung fungsi sistem. Dibutuhkan kecepatan dan ketepatan pesan dalam sistm ini. Kecepatan pengiriman pesan pada jaringan komunikasi ditentukan oleh latensi (*latency*). Latensi adalah acuan waktu dalam pemindahan data dari host sumber ke host tujuan (Kurniawan, dkk., 2021). Ketepatan pesan dapat dicapai dengan komunikasi yang andal. Keandalan (*Reliability*) dalam pengiriman non-realtime data mengacu pada data jumlah data yang diterima dan data yang hilang (Kravets, dkk., 1997).

## 2. DASAR TEORI

Dasar Teori akan menjelaskan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Dasar teori yang dibahas meliputi konsep utama yang diperlukan.

### 2.1. RFID

RFID (Radio Frequency Identification) adalah teknologi identifikasi yang berbasis frekuensi radio. RFID digunakan untuk mengidentifikasi, melacak, dan menyimpan informasi yang sebelumnya tersimpan dalam *ID Tag*. Identifikasi bekerja secara otomatis sehingga tidak ada keterlibatan manusia yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan dalam memasukkan data (Aska, dkk., 2013).

RFID terdiri atas RFID *Tag* dan RFID *reader/writer*. Dalam penelitian ini menggunakan RFID *Tag* MIFARE classic 1k. RFID *Reader/Writer* menggunakan RFID-RC522. RFID-RC522 merupakan modul RFID yang dilengkapi oleh IC (*Integrated Circuit*) MFRC522.

### 2.2. MQTT

MQTT adalah protokol transportasi pesan dengan model *publish/subscribe* yang bekerja diatas protokol TCP/IP. Protokol ini dirancang pada penggunaan sumber daya yang efisien dan bersifat *lightweight message*. MQTT dirancang khususnya untuk komunikasi M2M (*machine to*

machine) dan sering digunakan pada penerapan IoT (Internet of Things) (OASIS Standard, 2019).



Gambar 1. MQTT

Gambar 1 menunjukkan cara kerja MQTT. *Publisher* mengirimkan pesan pada topik yang telah ditentukan kepada broker, lalu broker akan mengirimkan pesan kepada *subscriber* yang berlangganan sesuai dengan topik langganan. Dengan model *publish/subscribe*, MQTT merupakan alternatif dari model *client-server* yang dimiliki oleh protokol lain.

2.3. Latensi

Latensi (*latency*) adalah acuan waktu dalam pemindahan data dari *host* sumber ke *host* tujuan (Kurniawan, dkk., 2021). Latensi dibutuhkan untuk mengetahui waktu pengiriman pesan yang diperlukan.

Tabel 1. Latensi

Category	Delay
Best	< 150 ms
High	150 ms - 250 ms
Medium	250 ms - 350 ms
Low	350 ms - 450 ms

Tabel 1 merupakan kategorisasi *end-to-end delay* berdasarkan *end-to-end QoS Classes for TIPHON Systems* (ETSI, 1999) untuk latensi.

2.4. Keandalan

Keandalan (*reliability*) dalam pengiriman non-realtime data mengacu pada data jumlah data yang diterima dan data yang hilang (Kravets, dkk., 1997). Uji keandalan dibutuhkan untuk mengetahui jumlah pesan yang hilang.

Tabel 2. Keandalan

Category	Packet Loss
Perfect	Zero
Good	3%
Medium	15%
Poor	25%

Tabel 2 merupakan kategorisasi *packet loss*

berdasarkan *Levels of network degradation* (ETSI, 1999) untuk keandalan.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Perancangan dan impementasi akan membahas skema rancangan dan terapan pada penelitian ini. Akan terdapat tiga perangkat pada sistem ini yakni aplikasi kontrol, node gerbang, dan node parkir.

Aplikasi kontrol akan berperan sebagai antarmuka pengguna. Node gerbang akan menjadi akses pintu masuk dan keluar. Node parkir akan menjadi perangkat yang mendeteksi kehilangan.

3.1. Fungsionalitas Sistem

Dalam merancang sebuah sistem, penting untuk menetapkan macam operasi yang perlu dijalankan. Berikut fungsionalitas sistem beserta kode fungsi yang akan diterapkan:

Tabel 3. Kode Fungsi

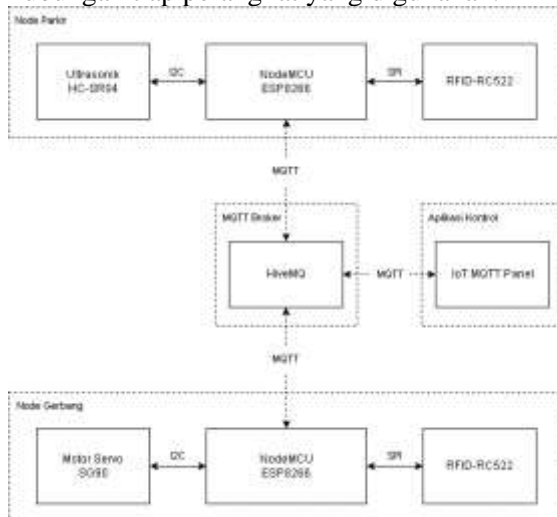
Kode	Kebutuhan Sistem	Skenario Pengujian
AK-01	Aplikasi Kontrol mampu menerima pesan dari Node Parkir dan Node Gerbang	Aplikasi Kontrol akan menerima pesan dari node gerbang dan node parkir melalui protokol MQTT
AK-02	Aplikasi Kontrol mampu mengirim perintah kepada Node Parkir dan Node Gerbang	Aplikasi kontrol akan mengirim pesan kepada node parkir dan node gerbang melalui protokol MQTT
NG-01	Node Gerbang mampu menerima pesan dari Aplikasi Kontrol dan Node Parkir	Node gerbang akan menerima pesan dari aplikasi kontrol dan node parkir melalui protokol MQTT
NG-02	RFID-RC522 pada Node Gerbang mampu membaca UID pada RFID Tag	Melakukan <i>tagging</i> RFID Tag kepada RFID Reader/Writer yang ada pada node gerbang
NG-03	Portal tidak akan terbuka jika terdapat pencurian	Memberikan distraksi berupa <i>Tagging</i> RFID saat status berupa terjadi pencurian pada node gerbang

NP-01	Node Parkir mampu menerima pesan dari aplikasi kontrol	Node parkir akan menerima pesan dari aplikasi kontrol melalui protokol MQTT
NP-02	RFID-RC522 pada Node Parkir mampu membaca UID serta data di block 4 dan data di block 6 pada RFID Tag	Melakukan <i>tagging</i> RFID Tag kepada Reader/Writer yang ada pada node parkir
NP-03	Sensor Ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi ada tidaknya kendaraan.	Menaruh objek berjarak kurang dari 30cm didepan sensor agar dapat dideteksi
NP-04	Node Parkir mampu mengirim pesan konfirmasi atas hilangnya kendaraan	Node parkir akan mengirim pesan konfirmasi kepada aplikasi kontrol melalui protokol MQTT
NP-05	Node Parkir mampu mengirim pesan pencurian dan data pengguna kepada aplikasi kontrol dan Node Gerbang	Node parkir akan mengirim pesan pencurian kepada aplikasi kontrol melalui protokol MQTT
NP-06	Node parkir mampu membuat <i>pending message</i> jika terjadi kehilangan dan tidak terhubung koneksi MQTT disaat yang bersamaan	Terjadinya kehilangan disaat koneksi MQTT terputus sehingga node parkir akan membuat <i>pending message</i>

Tabel 3 merupakan jenis-jenis operasi yang akan diimplementasikan pada sistem ini. Kode AK-01 dan AK-02 merupakan kode fungsi yang dijalankan aplikasi kontrol. Kode NG-01 hingga NG-03 merupakan kode fungsi yang perlu dijalankan node gerbang. Kode NP-01 hingga NP-06 merupakan kode fungsi yang perlu dijalankan node parkir.

### 3.2. Proses Kerja Sistem

Sistem parkir ini akan berjalan sesuai kode fungsi yang sebelumnya telah ditetapkan. Agar seluruh sistem dapat berjalan dengan baik, diperlukan kesinambungan proses yang berjalan. Proses kerja sistem akan memberikan gambaran hubungan tiap perangkat yang digunakan.



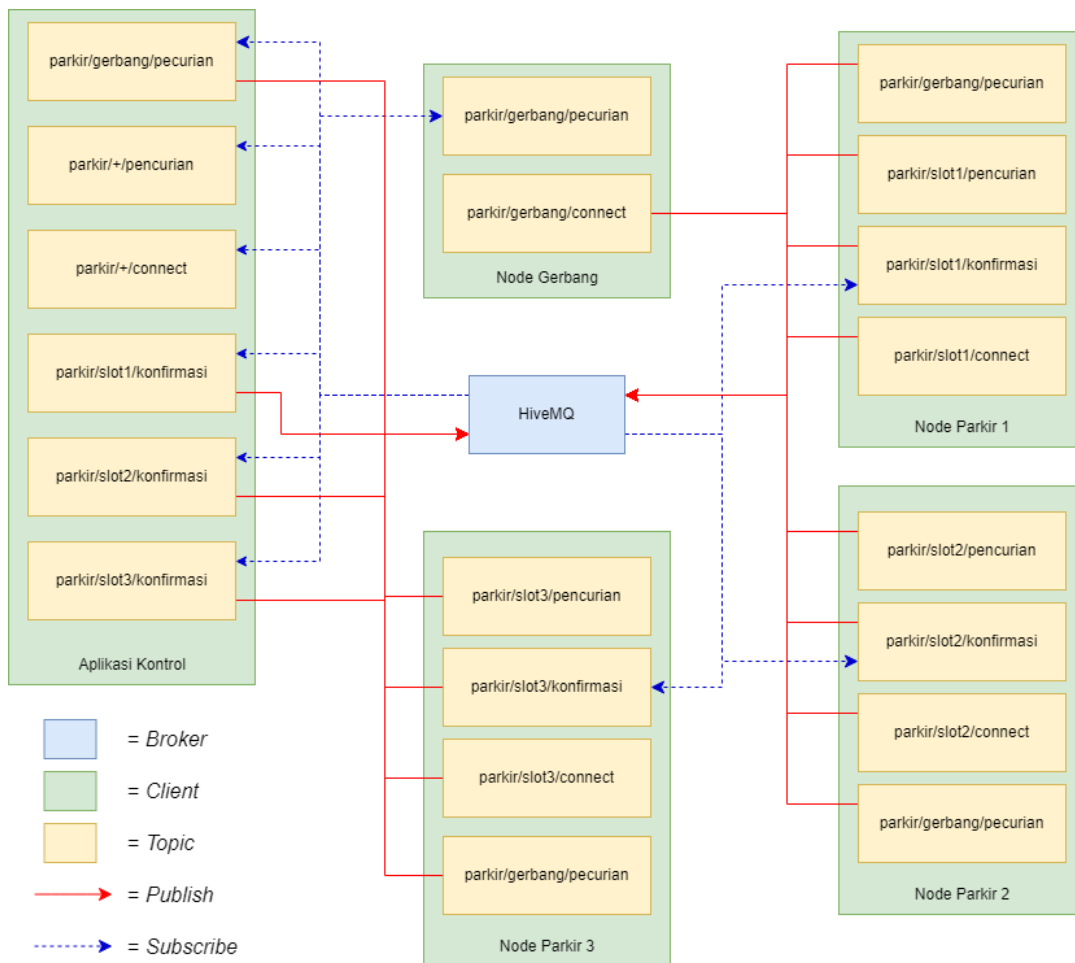
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pada gambar 2 memperlihatkan cara setiap perangkat dalam keseluruhan sistem terhubung. Setiap perangkat terhubung melalui protokol komunikasi MQTT. Broker publik HiveMQ merupakan layanan broker yang akan digunakan sebagai pusat transaksi pesan MQTT.

Setiap perangkat terhubung kepada komponen sensor dan aktuator dalam menjalankan operasi yang telah ditetapkan.

### 3.2. Arsitektur Jaringan Komunikasi MQTT

Dalam penggunaan MQTT sebagai protokol komunikasi, diperlukan arsitektur jaringan komunikasi yang jelas. Hal ini bertujuan agar fungsi, implementasi, dan interaksi antar *client* dapat diketahui. *Client* yang dimaksud adalah setiap perangkat yang terhubung melalui MQTT.



Gambar 3. Arsitektur Jaringan Komunikasi MQTT

Setiap *client* memiliki topik yang disesuaikan kebutuhan operasi fungsi. Pada gambar 3, terdapat topik yang terhubung melalui layanan broker publik HiveMQ. Penyaluran transaksi pesan yang dilakukan oleh broker menyesuaikan kebutuhan *publish* maupun *subscribe* berdasarkan topik yang diperlukan oleh *client*.

**4. PENGUJIAN**

Pengujian dimaksudkan agar penelitian ini dapat memenuhi target yang sebelumnya telah ditetapkan dengan menilai keberhasilan sistem. Hasil yang didapat akan digunakan untuk penarikan kesimpulan.

**4.1. Pengujian Fungsional**

Pengujian fungsional akan menilai kemampuan masing-masing perangkat pada sistem dalam memenuhi kebutuhan fungsionalitas sistem yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan kode fungsi.

Tabel 4. Pengujian Fungsional

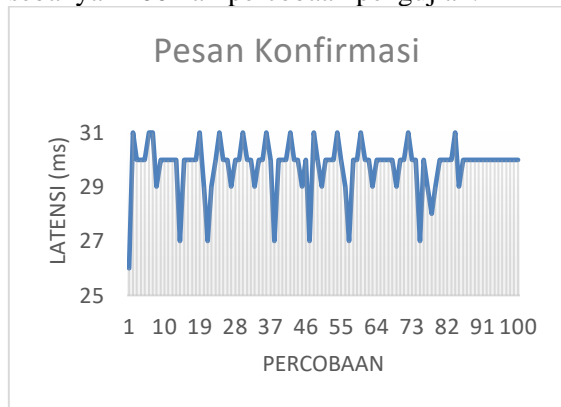
Kode	Kebutuhan Sistem
AK-01	Terpenuhi
AK-02	Terpenuhi
NG-01	Terpenuhi
NG-02	Terpenuhi
NG-03	Terpenuhi
NP-01	Terpenuhi
NP-02	Terpenuhi
NP-03	Terpenuhi
NP-04	Terpenuhi
NP-05	Terpenuhi
NP-06	Terpenuhi

Hasil yang tertera pada tabel 4 menunjukkan setiap kode telah terpenuhi sehingga sistem dapat beroperasi sesuai dengan rancangan yang sebelumnya telah ditetapkan. Aplikasi kontrol mampu menerima dan mengirim pesan melalui MQTT. Node gerbang

mampu membaca UID lalu menggerakkan portal, menerima pesan melalui MQTT, dan mengunci portal saat terjadi pencurian. Node parkir mampu membaca data RFID Tag, mendeteksi kendaraan, serta mengirim dan menerima pesan melalui MQTT.

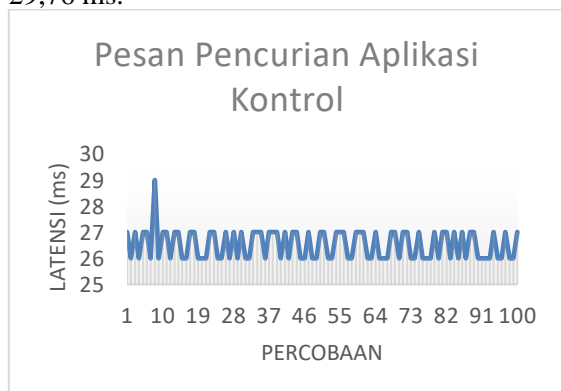
**4.2. Pengujian Latensi**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui latensi yang ada dalam pengiriman pesan menggunakan protokol MQTT. Terdapat tiga jenis pesan yang diuji yakni pesan konfirmasi pada topik parkir/slot1/konfirmasi, pesan pencurian untuk aplikasi kontrol pada topik parkir/slot1/pencurian, dan pesan pencurian untuk gerbang pada topik parkir/gerbang/pencurian. Setiap tipe pesan diuji sebanyak 100 kali percobaan pengujian.



Gambar 4. Hasil Latensi Konfirmasi

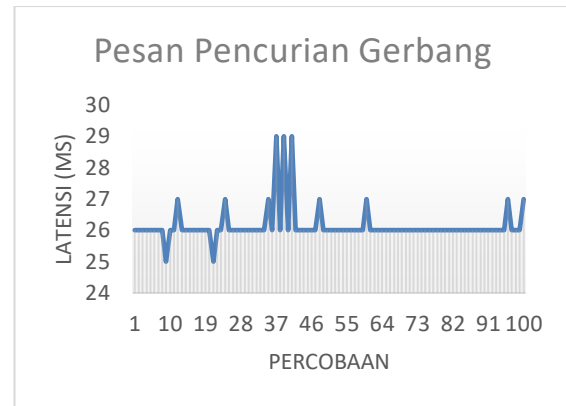
Pada gambar 4 ditunjukkan grafik latensi dalam pengiriman pesan konfirmasi. Dapat dilihat bahwa latensi terendah didapatkan pada nilai 26 ms, sedangkan latensi tertinggi yang didapatkan bernilai 31 ms. Pengujian latensi untuk pesan konfirmasi mendapat nilai rata-rata 29,76 ms.



Gambar 5. Hasil Latensi Pencurian Aplikasi Kontrol

Pada gambar 5 ditunjukkan grafik latensi

pengiriman pesan pencurian untuk aplikasi kontrol. Dapat dilihat bahwa latensi terendah yang didapat berada pada nilai 26 ms, sedangkan latensi tertinggi berada pada nilai 29 ms. Pengujian latensi pesan pencurian untuk aplikasi kontrol mendapat nilai rata-rata 26,52 ms.



Gambar 6. Hasil Latensi Pencurian Gerbang

Pada gambar 6.19 ditunjukkan grafik latensi pengiriman pesan pencurian untuk node gerbang. Dapat dilihat bahwa latensi terendah yang didapat berada pada nilai 25 ms, sedangkan latensi tertinggi berada pada nilai 29 ms. Pengujian latensi pesan pencurian untuk node gerbang mendapat nilai rata-rata 26,14 ms.

Tabel 5. Rata-rata Latensi

Latensi		
Pesan	Rata-rata	
Konfirmasi	29,76 ms	27,47333333 ms
Pencurian Aplikasi	26,52 ms	
Pencurian Gerbang	26,14 ms	

Pada tabel 5 ditunjukkan rata-rata latensi yang diperoleh dari masing-masing pesan dan secara keseluruhan. Secara keseluruhan, rata-rata latensi pengiriman pesan yang dilakukan bernilai 27,4733 ms. Berdasarkan *end-to-end QoS Classes for TIPHON Systems* (ETSI, 1999), dapat disimpulkan bahwa kinerja latensi MQTT dengan nilai 27,4733 ms termasuk kategori *best* atau terbaik.

**4.3. Pengujian Keandalan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keandalan MQTT sebagai protokol komunikasi. Terdapat tiga jenis pesan yang diuji yakni pesan konfirmasi pada topik parkir/slot1/konfirmasi, pesan pencurian untuk aplikasi kontrol pada topik parkir/slot1/pencurian, dan pesan pencurian untuk gerbang pada topik

parkir/gerbang/pencurian. Setiap tipe pesan diuji sebanyak 100 kali percobaan pengujian.

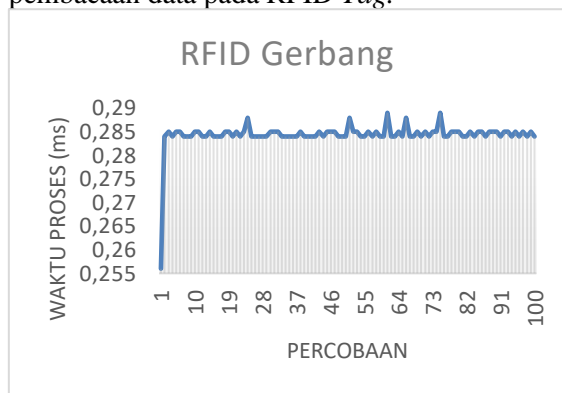
Tabel 6. Persentase Pesan Hilang

Kehilangan		
Pesan	Persentase	
Konfirmasi	0%	0%
Pencurian Aplikasi	0%	
Pencurian Gerbang	0%	

Tabel 6 menunjukkan persentase pesan hilang dari masing-masing jenis pesan dan keseluruhan. Dapat dilihat bahwa data yang didapat menghasilkan nilai 0%. Berdasarkan *Levels of network degradation* (ETSI, 1999), dapat ditarik kesimpulan bahwa keandalan MQTT yang diimplementasikan pada sistem ini termasuk dalam kategori *perfect* atau sempurna.

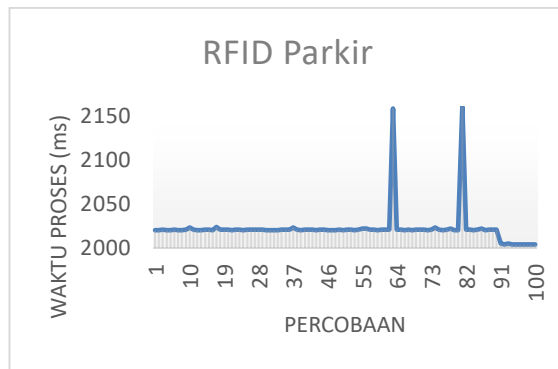
### 4.3. Pengujian Waktu Proses RFID

Tujuan dilaksanakannya pengujian ini adalah untuk mengetahui waktu proses yang dibutuhkan oleh masing-masing node dalam menjalankan tugasnya dalam melakukan pembacaan data pada RFID Tag.



Gambar 7. Waktu Proses RFID Gerbang

Pada gambar 7 ditunjukkan grafik waktu proses yang dibutuhkan node gerbang untuk membaca data UID pada RFID Tag. Dapat dilihat bahwa waktu proses pada percobaan pertama dengan nilai 0,256 ms berada jauh lebih rendah dibandingkan percobaan setelahnya. Waktu proses percobaan lainnya relatif stabil dengan kisaran nilai 0,284 ms hingga 0,285 ms. Meski begitu terdapat lima *spike* yang secara berurutan bernilai 0,288 ms, 0,288 ms, 0,289 ms, 0,288 ms, dan 0,289 ms.



Gambar 8. Waktu Proses RFID Parkir

Pada gambar 8 ditunjukkan grafik waktu proses pembacaan RFID oleh node parkir. Dapat dilihat bahwa waktu proses pembacaan data RFID pada percobaan pertama hingga percobaan ke-90 relatif stabil pada kisaran nilai 2020 ms hingga 2024 ms. Namun terdapat *spike* pada percobaan ke-63 dan percobaan ke-81 dimana masing-masing bernilai 2158 ms dan 2160 ms. Setelahnya, terdapat penurunan waktu proses yang dibutuhkan dimulai dari percobaan ke-91 hingga ke-100 dengan kisaran nilai 2004 ms hingga 2005 ms.

Tabel 7. Waktu Proses RFID

Waktu Proses Pembacaan RFID	Rata-Rata
Node Gerbang	0,284 ms
Node Parkir	2022 ms

Tabel 7 memperlihatkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk node gerbang dalam membaca UID dan node parkir dalam membaca UID, data blok 4, dan data blok 6 pada RFID Tag. Rata-rata waktu proses yang diperlukan oleh node gerbang bernilai 0,284 ms. Sedangkan untuk node parkir memiliki rata-rata waktu proses dengan nilai 2022 ms.

## 5. KESIMPULAN

RFID telah dirancang dan diimplementasikan sebagai media identifikasi pengguna. RFID pada node gerbang membaca data UID sesuai dengan kebutuhan fungsional kode NG-02. Telah dilakukan seratus kali percobaan pembacaan. NG-02 telah terpenuhi dengan uji kinerja dengan nilai rata-rata waktu pembacaan 0,284 ms. RFID pada node parkir membaca data UID, *block address* 4, dan data *block address* 6 sesuai dengan kebutuhan fungsional kode NP-02. Telah dilakukan seratus kali percobaan pembacaan. NP-02 telah terpenuhi dengan uji kinerja dengan nilai rata-rata waktu pembacaan 2022 ms.

MQTT telah dirancang dan diimplementasikan sebagai protokol komunikasi yang digunakan agar keseluruhan sistem dapat saling terhubung. Broker yang digunakan adalah broker publik dari HiveMQ. Arsitektur jaringan komunikasi MQTT telah diterapkan ditunjukkan pada gambar 5.9 sesuai dengan kebutuhan pengiriman pesan. Setiap *client* terhubung sebagai *publisher/subscriber* kepada topik yang diperlukan. Fungsional MQTT diterapkan sesuai kebutuhan fungsional kode AK-01, AK-02, NG-01, NP-01, NP-04, NP-05, dan NP-06.

Kinerja MQTT sebagai protokol komunikasi yang diterapkan pada penelitian ini telah diuji. Pengujian kinerja MQTT dilakukan dengan mengirimkan tiga jenis pesan dimana masing-masing jenis pesan yang dikirim dilakukan seratus kali percobaan. Kinerja yang diuji merupakan latensi dan keandalan. Latensi diperlukan untuk mengetahui lama waktu kirim. Dari tiga ratus percobaan, latensi memiliki nilai rata-rata 27,4733 ms sehingga termasuk kategori terbaik. Uji Keandalan dilakukan untuk mengetahui jumlah pesan hilang. Dari tiga ratus percobaan, didapatkan nilai 0% pesan hilang sehingga termasuk kategori sempurna.

## 6. SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan peningkatan efisiensi kode program untuk melakukan pembacaan RFID. Data RFID yang dibaca memiliki peran sebagai jaminan keamanan pengguna sehingga krusial. Oleh karena itu, waktu proses pembacaan data RFID yang singkat dapat meminimalisir kesalahan baca oleh RFID-RC522.

Dari segi penerapan MQTT, dapat ditambahkan aspek keamanan berupa enkripsi data komunikasi. Penerapan MQTT pada penelitian ini memanfaatkan broker publik layanan HiveMQ. Broker publik memberikan akses terbuka sehingga memungkinkan *client* diluar sistem terlibat. Proses enkripsi dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma enkripsi pada aplikasi kontrol, node gerbang, dan node parkir.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Ashhwath C, Rohitram V & Sumathi G, 2021. Smart Parking System using MQTT Communication Protocol and IBM Cloud. s.l., IOP Publishing.
- Aska, F. Z., Satria, D. & Kasoep, W., 2013. IMPLEMENTASI RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) SEBAGAI OTOMASI PADA SMART HOME. Padang, Politeknik Negri Padang.
- Badan Pusat Statistik, 2017. Jumlah Kejahatan Menurut Jenis Tindak Pidana di Provinsi Jawa Timur, 2015 - 2016, Jawa Timur: Badan Pusat Statistik.
- Bhirawa, C., 2021. PURWARUPA SISTEM PEMANTAUAN LINGKUNGAN REL KERETA API BERBASIS JARINGAN SENSOR NIRKABEL DALAM LINGKUP PERSINYALAN KERETA API BLOK BERGERAK. MALANG, Universitas Brawijaya.
- Cytron Technologies, 2013. Product User's Manual – HC-SR04 Ultrasonic Sensor, s.l.: Cytron Technologies.
- Espressif Systems, 2023. ESP8266EX Datasheet, s.l.: Espressif Systems.
- ETSI, 1999. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS), s.l.: European Telecommunications Standards Institute.
- Fasiuddin, S. et al., 2020. Real Time Application of Vehicle Anti Theft Detection and Protection with Shock Using Facial Recognition and IoT Notification. s.l., IEEE Xplore, pp. 1039-1044.
- Kravets, R., Calvert, K., P. K. & . K. S., 1997. Adaptive Variation of Reliability. High Performance Networking, VII(13), pp. 202-216.
- Kurniawan, A., Data, M. & Kartikasari, . D. P., 2021. Pengujian Kinerja MQTT Broker berbasis Kontainer menggunakan Docker pada Perangkat Raspberry Pi. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Desember, 5(12), pp. 5314-5319.
- Mishra, B. & KERTESZ, A., 2020. The Use of MQTT in M2M and IoT. IEEE Access, Volume 8, pp. 201071-20086.
- mqtt.org, 2022. MQTT. [Online] Available at: <https://mqtt.org/>
- Nur, D., Pradana, Y. P. & Kadir, S. A., 2019. Monitoring Perpustakaan Mobil Berbasis Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler ESP8266. INTEK Jurnal Penelitian, 6(2),



- pp. 119-126. [esp8266-menggunakan-arduino-ide/](#)
- NXP Semiconductors, 2016. MFRC522, s.l.: NXP Semiconductors.
- NXP Semiconductors, 2018. MF1S50YYX\_V1, s.l.: NXP Semiconductors.
- MQTT Version 5.0. Edited by Andrew Banks, Ed Briggs, Ken Borgendale, and Rahul Gupta. 07 March 2019. OASIS Standard. <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/os/mqtt-v5.0-os.html>. Latest version: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>.
- Pasic, R., Kuzmanov, I. & Atanasovski, K., 2021. ESP-NOW communication protocol with ESP32. Journal of Universal Excellence, Year 6(number 1), pp. 53-60.
- Pemerintah Indonesia, 2009. UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 22 TAHUN 2009 TENTANG LALU LINTAS DAN ANGKUTAN JALAN. Jakarta: Pemerintah Indonesia.
- Raharjo, S. E., 2021. PROTOTIPE SISTEM KEAMANAN PARKIR BERBASIS TEKNOLOGI RFID, MALANG: Universitas Brawijaya.
- Saputra, L. K. P. & Lukito, Y., 2017. Implementation of Air Conditioning Control System Using REST Protocol Based on NodeMCU ESP8266. Yogyakarta, IEEE, pp. 126-130.
- Suryadi, N. G., Satria, E. & Djamal, M., 2018. Sistem Deteksi dan Penanggulangan Kebakaran Dini Berbasis Internet of Things (IoT). Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Tower Pro, 2014. <https://www.towerpro.com.tw/>. [Online] Available at: <https://www.towerpro.com.tw/product/sg90-7/>
- Wukkadada, D. B., Wankhede, D. K., Nambiar, R. & Nair, A., 2018. Comparison with HTTP and MQTT In Internet of Things (IoT). 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), pp. 249-253.
- www.nn-digital.com, 2019. [www.nn-digital.com](https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/27/memulai-pemrograman-nodemcu-). [Online] Available at: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/27/memulai-pemrograman-nodemcu->