

Security Surveillance System Area Tower Bts Berbasis Iot Pada Perusahaan Pt Dayamitra Telekomunikasi

1st Rahayu Lubis
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rahayulbs@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Inung Wijayanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

3rd Denny Darlis
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Base Transceiver Station (BTS) adalah infrastruktur telekomunikasi yang memungkinkan komunikasi nirkabel antara perangkat telekomunikasi dan jaringan operator. Meskipun penting, perangkat di BTS sering menjadi target pencurian, terutama baterai di *shelter* dan kabel *ground* di luar *shelter*, yang mengakibatkan penurunan kualitas jaringan dan kerugian bagi *provider*. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sistem *surveillance* yang dapat dipantau dari jarak jauh. Sistem ini mencakup kamera CCTV untuk memantau area site dan RFID untuk akses petugas ke area site, serta *website* yang menampilkan informasi yang dikirim oleh perangkat menggunakan metode komunikasi MQTT dan HTTP, dengan data tersimpan dalam *database*. Selain *website*, informasi juga dapat dilihat melalui Telegram sebagai *silent notification* yang mengirimkan *capture image* saat CCTV mendeteksi objek. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kamera CCTV mampu mengambil gambar dan melakukan *live streaming* dengan protokol RTSP/IP Cam, dengan tingkat *accuracy object detection* sebesar 76% (pagi), 83% (siang), 89% (sore), dan 87% (malam); *precision* 93% (pagi), 88% (siang), 95% (sore), dan 93% (malam); serta *sensitivity* 78% (pagi), 88% (siang), 91% (sore), dan 93% (malam). RFID-RC522 *High Frequency* bekerja dengan baik dalam mendeteksi UID dan *username tag* serta mengendalikan status *doorlock*, dengan hanya tiga kegagalan dari lima belas percobaan karena koneksi WiFi. Pengujian komunikasi menggunakan protokol HTTP dan MQTT menunjukkan bahwa komunikasi antara *hardware* dan *software* berjalan dengan baik. Kamera CCTV terhubung ke *website* selama 5 detik, sedangkan RFID membutuhkan waktu selama 10 detik. *Website* dapat menerima dan menampilkan data yang dikirimkan oleh alat dengan baik.

Kata kunci : *Surveillance System*, CCTV, RFID, HTTP, BTS

I. PENDAHULUAN

Base Transceiver Station (BTS) adalah jenis

infrastruktur telekomunikasi yang dibangun untuk memungkinkan perangkat telekomunikasi berkomunikasi dengan jaringan operator secara nirkabel[1]. BTS memiliki tugas utama, yaitu menerima dan mengirimkan gelombang radio ke perangkat komunikasi seperti telepon rumah, telepon seluler, dan perangkat utilitas lainnya[2]. PT Dayamitra Telekomunikasi, Tbk atau Mitratel adalah anak perusahaan PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk yang bergerak dibidang penyediaan infrastruktur telekomunikasi[3]. Mitratel memasuki bisnis menara telekomunikasi pada tahun 2008. Seluruh operator seluler Indonesia menempatkan perangkat BTS mereka di menara Mitratel sebagai penyewa.

Perangkat-perangkat yang ada di BTS penting dalam sistem kerja telekomunikasi, tetapi dalam kenyataannya terdapat kasus pencurian atau kehilangan perangkat yang ada di dalam area tower. Berdasarkan fakta, Polres Batola berhasil meringkus komplotan spesialis pencurian baterai BTS milik operator jasa telekomunikasi PT Telkomsel yang berada di tower BTS Mitratel. Pihak penyedia melaporkan kehilangan empat blok baterai lithium di Handil 4 Desa Jejangkit Pasar, Kecamatan Jejangkit, Kabupaten Barito Kuala dengan estimasi kerugian Rp.62.000.000[4]. Sistem keamanan yang mau dibangun ini sebenarnya sudah pernah dibuat dengan judul "Perancangan dan Implementasi System Keamanan pada Tower Berbasis ESP32-Cam" tetapi kurang lengkap karena hanya menggunakan sensor PIR, ESP32, dan juga telegram tidak menggunakan ip cam yang bisa digunakan untuk live streaming dan juga tidak dapat dipantau langsung lewat website[5].

Permasalahan yang terjadi disebabkan oleh kurangnya sistem keamanan pada area tower BTS. Sistem keamanan yang diterapkan hanya menggunakan gembok sehingga ditemukan kelemahan pada sistem keamanan lingkungan tower.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang telah dijabarkan, dibutuhkan sistem *surveillance* pada lingkungan tower untuk mengawasi area sekitar tower dan dapat di *monitoring* secara jarak jauh. Solusi ini juga dapat membantu *operator* atau user yang bertanggung jawab atas tower dalam pengawasan lingkungan sekitar. Tower BTS tidak hanya ada di daerah perkotaan tetapi juga berada di daerah pedalaman, yang membutuhkan waktu untuk peninjauan secara langsung.

A. Analisa Masalah

Hasil dari permasalahan yang dapat dianalisis dari berbagai aspek diantaranya sebagai berikut.

1. Aspek Keamanan

Pada kasus kehilangan yang pernah terjadi, dapat ditinjau bahwa kurangnya sistem keamanan yang diterapkan pada lingkungan tower. Sistem keamanan yang sering digunakan adalah kunci gembok pada pagar atau pintu di area tower. Sistem keamanan tersebut cukup sederhana dan merupakan cara yang mudah serta cepat untuk mengamankan sesuatu. Namun, ada risiko yang dihadapi, yaitu kehilangan kunci atau kunci dicuri dan tidak memiliki fitur pelaporan atau pemantauan otomatis.

2. Aspek Existing Sistem

Pada kasus hilangnya beberapa komponen di Kabupaten Barito Kuala, kehilangan empat blok baterai litium yang dilaporkan oleh pihak penyedia jasa menjadi perhatian utama dalam sistem keamanan pada area tower BTS. Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh seorang teknisi di Mitratel, telah dibuat alat untuk sistem keamanan dinamakan sensor *Motion Detector* pada site Harimart yang berada di Cianjur.



Gambar 1. Sistem *Surveillance* Yang Sebelumnya Sudah Terpasang

3. Efisien Produk

Produk yang sudah ada kurang efisien dari segi keamanan dan tidak dapat dikontrol secara jarak jauh. Sensor yang digunakan memiliki kelemahan, yaitu tidak dapat membedakan antara makhluk hidup dan benda. Sensor bekerja ketika ada objek yang mendekati *sensor motion* dan sirene yang terpasang akan mengeluarkan bunyi.

B. Tujuan

Adapun tujuan utama dari pembuatan ini adalah untuk merancang sistem *surveillance* yang efektif

dalam menyelesaikan permasalahan yang sudah lama ada, yaitu hilangnya beberapa perangkat pada BTS. Sehingga tidak menimbulkan kerugian dan juga menurunnya kualitas jaringan pada daerah tersebut.

II. DASAR TEORI

A. Sistem Surveillance

Sistem *Surveillance* adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk memantau suatu area tertentu. Sistem berfungsi untuk mengamankan suatu area dan juga dapat di *monitoring* dari jarak jauh. Karena kegagalan sistem sebelumnya, upaya yang diusulkan adalah merancang alat untuk *zmonitoring* area tower BTS yang dapat memberikan informasi terkait kegiatan di area BTS secara *real-time*, serta mendeteksi objek manusia. Lokasi pemasangan sistem *surveillance* yang akan dipasang pada pihak Mitratel di site Mekar Mulya daerah Sukamulya Jalan Soekarno Hatta Bandung, Jawa Barat (6°56'09.1"S 107°42'11.6"E).

B. Radio Frequency Identification (RFID)

RFID menggunakan teknologi gelombang radio untuk mengidentifikasi secara otomatis orang atau benda. Metode identifikasi yang umum adalah dengan menyimpan nomor seri yang unik pada *microchip* yang terpasang pada RFID *tag*. RFID terdiri dari dua bagian utama, yaitu pertama RFID *reader* yang berfungsi untuk mengidentifikasi RFID *tag* dengan menggunakan frekuensi radio yang dapat berupa perangkat pasif maupun aktif yang berisi suatu daya atau informasi. Kedua RFID *tag* yang berfungsi sebagai objek yang mengirimkan data. Pada RFID *tag* terdapat dua jenis yaitu *Read-Write* dan *Only Read*[6]

C. Deteksi Objek

Deteksi objek adalah solusi dalam visi komputer yang mengidentifikasi objek serta lokasinya di dalam sebuah gambar. Sistem pendeteksi objek mengembalikan koordinat objek-objek yang telah dilatih untuk dikenali dalam gambar tersebut. Selain itu, sistem juga mengembalikan tingkat kepercayaan, yang menunjukkan seberapa yakin sistem terhadap keakuratan prediksinya.

D. Mobile SSD Net

Mobile SSD Net adalah model deteksi objek yang menggabungkan arsitektur SSD dan Mobilenet V2, kedua arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi komputasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Model ini memungkinkan deteksi objek yang cepat dan akurat serta pendeteksian objek secara *real-time*[7]. Dalam proses deteksi objek, SSD menandai area *bounding box* yang diprediksi terhadap koleksi *default bounding box* melalui berbagai skala dan rasio untuk setiap lokasi

feature map.

E. Opensource Computer Vision (OpenCV)

OpenCV adalah perpustakaan perangkat lunak pembelajaran mesin dan visi komputer yang bertujuan menyediakan infrastruktur umum bagi aplikasi visi komputer serta mempercepat penggunaannya. OpenCV menyediakan antarmuka canggih untuk menangkap, memproses dan menampilkan gambar. OpenCV mendefinisikan *label* kelas COCO dengan menyertakan beberapa kelas objek sebagai kamus, di mana setiap kunci mewakili ID kelas yang berisi nilai dari nama label[8].

F. Website

Website adalah sebuah *software* yang berfungsi untuk menampilkan dokumen pada suatu web yang membuat pengguna untuk mengakses internet melalui *software* yang terhubung dengan internet[16].

G. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

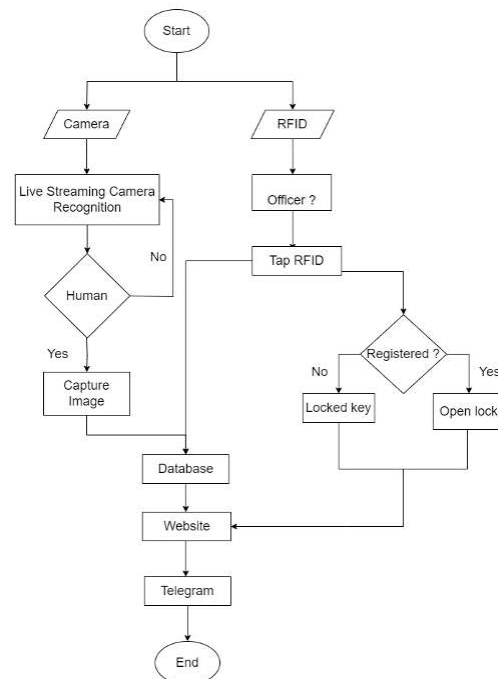
MQTT merupakan jenis protokol jaringan pada IoT (*Internet of Things*) yang berfungsi sebagai komunikasi antar *machine to machine* dalam sistem. MQTT menggunakan metode komunikasi *publish/subscribe*, dimana *publish* berperan sebagai pengirim pesan dan *subscribe* sebagai penerima pesan. Dalam MQTT, terdapat terdapat *MQTT* yang berfungsi sebagai *server* untuk menerima semua informasi atau data dari *client*, serta melakukan *publish* ke *client* yang *subscribe* topik tertentu[9].

H. Message Queuing Telemetry Transport (HTTP)

HTTP adalah protokol jaringan yang umumnya digunakan untuk memfasilitasi pertukaran data seperti *file*, gambar, dan *video*. Komunikasi HTTP terjadi antara *client* dan *server web*, di mana *client* mengirimkan permintaan kepada *server* dan *server* memproses permintaan tersebut[10]. Setelah *server* HTTP memberikan informasi yang diminta, koneksi tersebut tidak disimpan (*stateless*).

III. PEMBAHASAN

A. Flowchart Sistem

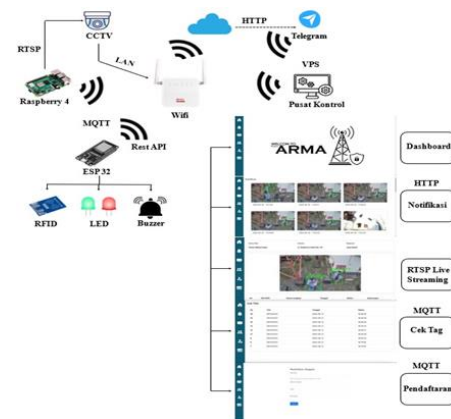


GAMBAR 2.

Flowchart *Security Surveillance System* berbasis IoT

Pada Gambar 2 langkah pertama adalah melakukan *scan* RFID tag pada RFID reader. Apabila scan RFID berhasil, *doorlock* pintu gerbang akan terbuka, menandakan bahwa tag telah terdaftar. Jika *scan* tidak berhasil, buzzer yang terletak di sekitar RFID akan aktif, menunjukkan bahwa tag belum terdaftar. Tag yang belum terdaftar dapat didaftarkan melalui *website* dengan memasukkan data yang diperlukan. CCTV akan mengambil gambar objek yang terdeteksi, yaitu manusia dan mengirimkan *silent notification* melalui Telegram kepada penjaga yang bertanggung jawab atas site. Seluruh informasi yang terjadi di area tower akan dikirimkan ke *website* melalui jaringan internet. *Website* akan menampilkan informasi yang diperoleh secara *real-time*.

B. Blok Diagram Sistem



GAMBAR 3.

Diagram Blok *Security Surveillance System* berbasis IoT

Pada Gambar 3 menunjukkan sebuah sistem dari *Security Surveillance System* berbasis IoT. Pada bagian kiri atas, terlihat kamera CCTV yang terhubung ke Raspberry Pi 4 melalui LAN dan mengirimkan data melalui protokol RTSP. Raspberry Pi 4 tersebut terhubung ke jaringan WiFi yang terhubung ke pusat kontrol (VPS) dan juga mengirim notifikasi melalui HTTP ke Telegram. Di bagian kiri bawah, terdapat perangkat ESP32 yang terhubung dengan RFID, LED, dan buzzer. ESP32 berkomunikasi melalui protokol MQTT dan Rest API untuk mengirim data ke sistem. Sistem memanfaatkan WiFi untuk menghubungkan berbagai komponen. Bagian kanan gambar menampilkan sistem yang disebut ARMA. *Website* memiliki berbagai fitur seperti *Dashboard*, Notifikasi melalui protokol HTTP, *Live Streaming* melalui protokol RTSP, *Cek Tag* melalui protokol MQTT, dan Pendaftaran melalui protokol MQTT. *Website* menampilkan dari kamera CCTV secara *real-time* dan memberikan berbagai informasi terkait aktivitas yang terdeteksi oleh sistem. Secara keseluruhan, gambar ini menggambarkan sistem pengawasan yang memanfaatkan berbagai teknologi komunikasi dan komponen *hardware* untuk memastikan keamanan dan pengawasan yang efektif.

1. Kebutuhan Hardware

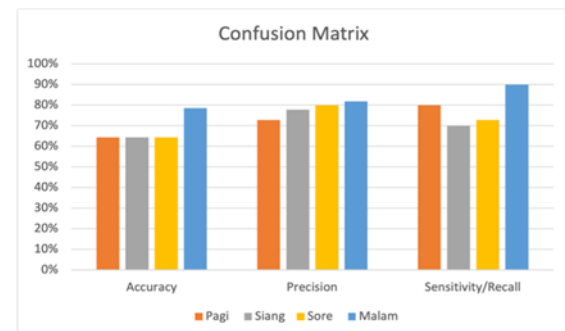
Kebutuhan untuk *hardware* pada sistem ini antara lain : *Closed-Circuit Television* (CCTV) yang akan diintegrasikan dengan Raspberry Pi 4 Modul B, pemilihan CCTV didasarkan pada spesifikasi yang dimiliki, termasuk *Real Time Streaming Protocol* (RTSP)/*Internet Protocol* (IP) Cam, resolusi 5MP untuk gambar jernih, fitur *Color Night Vision* untuk pemantauan pada malam hari, koneksi kabel RJ45/LAN, *smart motion detection* untuk deteksi gerakan yang akurat, ketahanan terhadap air sehingga dapat digunakan pada *outdoor*[11]. Kemudian Raspberry Pi 4 Modul B adalah sebuah komputer mini yang juga berfungsi sebagai *microprocessor* dengan berbagai *input* dan *output* seperti pada *board* mikrokontroler. Raspberry Pi 4 Modul B ini memiliki peningkatan kecepatan *processor*, kemampuan multimedia, kinerja, memori, dan konektivitas yang lebih baik. Mikrokontroler ESP32 yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi serta mampu menyambungkan perangkat ke jaringan internet. ESP32 dilengkapi dengan dua *processor* komputasi yaitu: satu untuk mengelola jaringan WiFi dan Bluetooth, satu lagi untuk menjalankan aplikasi. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan memori dan RAM yang cukup besar untuk menyimpan data. Ada juga *Radio Frequency Identification* (RFID) dengan tipe RC522 yang terhubung ESP-32. RFID menggunakan teknologi gelombang radio untuk mengidentifikasi secara otomatis orang atau benda. Metode identifikasi yang umum adalah dengan menyimpan

nomor seri yang unik pada *microchip* yang terpasang pada RFID tag. *Light Emitting Diode* (LED) yang berfungsi sebagai indikator, dengan dua jenis warna yaitu merah dan hijau. LED merah menyala untuk menandakan bahwa RFID tag tidak terdaftar dan perlu dilakukan pendaftaran tag pada *website*. Dan juga buzzer yang berfungsi sebagai alarm jika tag tidak terdeteksi oleh RFID reader.

2. Kebutuhan Software

Telegram yang merupakan salah satu aplikasi online dalam *media social* yang memungkinkan pengguna untuk mengirim pesan teks dan suara, melakukan panggilan suara dan video, serta berbagai foto, file, atau media lainnya, *Website* merupakan media informasi berbasis internet yang terdiri dari kumpulan halaman yang tersusun dalam sebuah domain atau subdomain. Setiap halaman web ditulis dalam *Hyper Text Markup Language* (HTML) dan dapat diakses melalui protokol *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), yang mengirimkan informasi dari *server website* untuk ditampilkan kepada *user*. *Virtual Network Computing* (VNC) adalah sistem *client* berbasis protokol tampilan sederhana dan *platform* independen. VNC memungkinkan suatu komputer untuk mengendalikan komputer lain yang terhubung dalam jaringan. *Database* merupakan kumpulan data yang saling terkait dan disimpan dengan redundansi yang terkontrol untuk optimalisasi satu atau lebih aplikasi.

C. Pengujian Sistem Object Detection



GAMBAR 4.
Hasil Confusion Matrix Sistem Object Detection

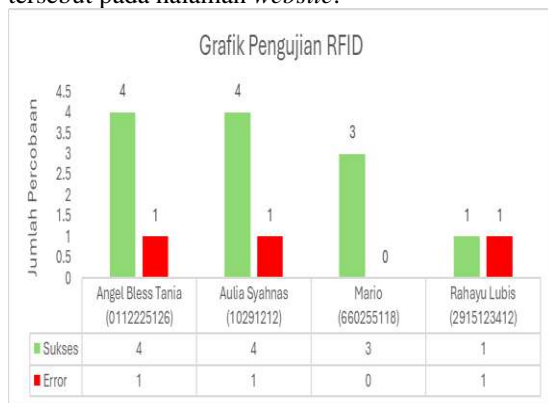
Pengujian sistem *object detection* ini dilaksanakan setelah alat diimplementasikan di area site. Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk menentukan confusion matrix guna mengevaluasi hasil dari sistem *object detection*. Pengujian dilakukan pada pagi, siang, sore, dan malam hari sesuai range waktu yang telah ditentukan[12]. Sampel pengujian dilakukan selama 2 minggu, di mana data diambil dari hasil capture image oleh CCTV.

Berdasarkan Gambar 4, hasil pengujian dari kamera CCTV, disimpulkan bahwa dapat menjalankan perintah untuk menampilkan *live*

streaming secara *real-time* dan *capture image* untuk objek manusia. Sistem deteksi objek diuji selama satu bulan dengan waktu pagi, siang, sore, dan malam menggunakan algoritma Mobile SSD Net. Hasil menunjukkan bahwa sistem paling efektif pada malam hari dengan *accuracy* 79%, *precision* 82%, dan sensitivitas 90%, sedangkan kinerja pada pagi, siang, dan sore hari relatif konsisten dengan peningkatan bertahap dalam presisi.

D. Pengujian RFID

Kondisi pengujian dilakukan pada pagi, siang, sore dan malam hari. Sampel pengujian dilakukan selama kurang lebih 2 minggu dimana data yang diambil dari kode UID oleh RFID *reader*. Data sistem tersebut akan dikirimkan serta bisa dilihat hasilnya pada laman *website*. Sebelumnya, UID terlebih dahulu didaftarkan pada *website* agar ke *detect* identitas dari pemilik UID tersebut. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan melihat hasil tersebut pada halaman *website*.



GAMBAR 5.
Grafik Pengujian RFID

Gambar 5 hasil pengujian RFID, disimpulkan bahwa RFID dapat membaca *tag* yang dilakukan oleh petugas saat memasuki area site, dengan hasil yang konsisten dalam berbagai waktu. Sistem RFID secara keseluruhan menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi UID dan *username* serta dalam mengendalikan status *doorlock*. Tingkat keberhasilan yang tinggi dalam data tersebut menunjukkan bahwa sistem ini dapat dianggap andal untuk penggunaan sehari-hari.

E. Pengujian Komunikasi

Pengujian pada komunikasi dilaksanakan setelah kamera dan RFID dapat ditampilkan di layar *website*. Setelah kamera dan RFID dapat ditampilkan di layar *website* akan dilakukan perhitungan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar kamera dan RFID dapat terhubung ke *website* menggunakan broker MQTT dan juga HTTP. Untuk komunikasinya sendiri sangat tergantung pada jaringan internet. Semakin bagus jaringan internet maka semakin cepat juga komunikasinya terhubung.

TABLE 1.
Hasil Pengujian Komunikasi

Device	5s	10s	15s
CCTV	✓	✓	✓
RFID	✗	✓	✓
Telegram	✗	✓	✓

Berdasarkan data sampel yang diperoleh maka ditarik kesimpulan sistem komunikasi secara keseluruhan berjalan dengan baik dalam menghubungkan kamera dan RFID pada *website*.

F. Pengujian Website

TABLE 2.
Hasil Pengujian Website

Menu	Skenario Pengujian	Hasil yang ditargetkan	Hasil Pengujian
Dashboa rd	Melihat tampilan awal logo dari <i>project</i> ini.	Menampil kan halaman awal dari <i>website</i> .	Berjalan dengan baik
Anggota	<i>Website</i> mampu menampilkan nama, <i>e-mail</i> , dan juga nomor whatsapp anggota.	Menampil kan data dari anggota yang sudah terdaftar.	Berjalan dengan baik
Pendaftar an Anggota	Mengisi kolom <i>tag</i> kartu, nama lengkap, <i>e-mail</i> , nomor whatsapp, lalu tekan tombol " <i>submit</i> "	Anggota baru dapat mendaftarkan diri agar bisa mengakses ke area site.	Berjalan dengan baik
Cek TAG	Seberapa cepat <i>website</i> menerima uid yang sudah di	Menampil kan nomor <i>tag</i> , tanggal, dan waktu pada saat	Berjalan dengan baik

Menu	Skenario Pengujian	Hasil yang ditargetkan	Hasil Pengujian
	tag oleh petugas melakukan tap RFID reader.	petugas melakukan tap RFID tag.	
Data	Website menampilkan nama anggota yang melakukan tag dan informasi lain terkait site tersebut.	Menampilkan <i>live streaming</i> dari CCTV, status masuk dan juga keluar dari petugas yang berada di area site dan juga nama site beserta lokasi website tersebut.	Berjalan dengan baik
Notifikasi	Melihat hasil <i>capture</i> yang dikirimkan oleh CCTV.	Menampilkan <i>capture image</i> dari CCTV pada saat mendeteksi objek.	Berjalan dengan baik

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *website* dapat menerima dan menampilkan data atau informasi yang dikirimkan oleh alat secara baik. Tampilan *website* yang sederhana dan menarik juga dapat memudahkan pengguna dalam membaca data dan memantau area site secara *real-time*.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari kamera CCTV, disimpulkan bahwa dapat menjalankan perintah untuk menampilkan *live streaming* secara *real-time* dan *capture image* untuk objek manusia. Sistem deteksi objek diuji selama satu bulan dengan waktu pagi, siang, sore, dan malam menggunakan algoritma Mobile SSD Net. Hasil menunjukkan bahwa sistem paling efektif pada malam hari dengan *accuracy* 79%, *precision* 82%, dan sensitivitas 90%, sedangkan kinerja pada pagi, siang, dan sore hari relatif konsisten dengan peningkatan bertahap dalam presisi.

Hasil pengujian RFID, disimpulkan bahwa RFID dapat membaca tag yang dilakukan oleh petugas saat memasuki area site, dengan hasil yang konsisten dalam berbagai waktu. Sistem RFID secara keseluruhan menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi UID dan *username* serta dalam mengendalikan status *doorlock*. Tingkat keberhasilan yang tinggi dalam data tersebut menunjukkan bahwa sistem ini dapat dianggap andal untuk penggunaan sehari-hari.

Hasil pengujian dari komunikasi menggunakan MQTT dan juga HTTP, disimpulkan berdasarkan data sampel yang diperoleh, sistem komunikasi secara keseluruhan berjalan dengan baik dalam menghubungkan CCTV dan RFID pada *website*. Kamera CCTV dapat terhubung ke *website* dengan cepat dalam waktu 5 detik, sedangkan RFID memerlukan waktu sedikit lebih lama, yaitu 10 detik, untuk terhubung. Stabilitas koneksi terjaga untuk kedua perangkat dalam rentang waktu lebih lama, yakni 10 detik untuk CCTV dan 15 detik untuk RFID. Hal ini menunjukkan perbedaan performa antara CCTV dan RFID dalam hal kecepatan koneksi ke *website*, dengan koneksi CCTV lebih cepat dibandingkan RFID.

Hasil pengujian *website* menunjukkan bahwa setiap menu pada halaman *website* dapat menerima dan menampilkan informasi dari alat dengan baik, sesuai dengan hasil yang diinginkan, dan *website* bekerja secara responsif dan cepat, meskipun hasil yang ditampilkan dipengaruhi oleh koneksi internet yang terhubung ke setiap alat di site. Secara keseluruhan, pengujian menunjukkan kinerja yang baik dan konsisten dari semua aspek yang diuji.

REFERENSI

- [1] J. Prihatin, R. Tahara Shita, S. Waluyo, and Painem, "Prototipe IoT Berbasis Web Untuk Pemantauab Kondisi BTS Pada PT Inti Bangun Sejahtera TBK," 2023.
- [2] A. Prasetyo, "Analisis Kelayakan Investasi Pembangunan Tower Wilayah Surabaya," pp. 4–4, 2020.
- [3] Mitratel, "PT Dayamitra Telekomunikasi Tbk," <https://www.mitratel.co.id/sekilas-perusahaan/>.
- [4] Firman and Taufik Ridwan, "Komplotan pencuri gondol baterai BTS Telkomsel di Batola," <https://kalsel.antaranews.com/berita/369852/komplotan-pencuri-gondol-baterai-bts-telkomsel-di-batola>.
- [5] A. M. Fausan, "Perancangan dan Iplementasi Sistem Keamanan Pada Tower Komunikasi Berbasis ESP32-Cam," Bandung, 2021.
- [6] L. Cui, Z. Zhang, N. Gao, Z. Meng, and Z. Li, "Radio frequency identification and sensing techniques and their applications A review of the state of the art," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 18. MDPI AG, Sep. 02, 2019. doi: 10.3390/s19184012.
- [7] K. Falah, M. Gustiana H, and U. Ungkawa, "Karakteristik Metode Mobilenet-SSD Dengan Pre-Trained Model Mobilenet Untuk Objek Bergerak."
- [8] H. Mulyawan, M. Zen, H. Samsono, and Setiawardhana, "Identifikasi dan Tracking Objek Berbasis Image Processing Secara Real Time," Surabaya.
- [9] B. M. Susanto, E. Setiyawan, J. Atmadji, and W. L. Brenkman, "Implementasi MQTT Protocol Pada Smart Home Security Berbasis Web," Jember, 2018.
- [10] J. Touch, J. Heidemann, and K. Obraczka, "Analysis of HTTP Performance." [Online]. Available: <http://www.isi.edu/lam/publications/http-perf/>.
- [11] Avaro Indonesia, "AVARO Smart WIFI IP Camera CCTV Outdoor CT02 5MP Color Nightvision," <https://avaroindonesia.co.id/product/avaro-smart-wifi-ip-camera-cctv-outdoor-ct02-5mp-color-nightvision/>.
- [12] S. Pramudito and B. T. Kurnial, "Identifikasi Pola Aktivitas Pada Ruang Terbuka Publik Di Kampung Gampingan Kota Yogyakarta," *Nature: National Academic Journal of Architecture*, vol. 7, no. 2, p. 205, Oct. 2020, doi: 10.24252/nature.v7i2a6.