

Perbandingan Kinerja Komunikasi Esp32 dan LilyGO T-Call A7670e Pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT

M Rizky Irawan¹, Andi Ahmad Dahlan², Lifwarda³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Padang
e-mail: artrizky71@gmail.com , aadfuty@gmail.com , lifwarda@pnp.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membandingkan kinerja komunikasi ESP32 DevKit V1 dan LilyGO T-Call A7670E pada sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT). ESP32 DevKit V1 menggunakan jaringan Wi-Fi, sedangkan LilyGO T-Call A7670E menggunakan jaringan 4G LTE. Sistem mengintegrasikan RFID RC522 untuk autentikasi pengguna, Magnetic Door Sensor MC-38 untuk mendeteksi kondisi pintu, Solenoid Door Lock sebagai pengunci, Firebase Realtime Database untuk penyimpanan dan monitoring, serta Telegram Bot untuk notifikasi. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan membangun dua konfigurasi yang memiliki fungsi keamanan sama. Pengujian dilakukan berdasarkan delay pengiriman data ke Firebase, delay notifikasi Telegram, response time, persentase keberhasilan pengiriman, dan pengamatan komunikasi data. ESP32 DevKit V1 memperoleh rata-rata delay Firebase 4.300 ms, delay Telegram 2.019 ms, dan response time 7.650 ms. LilyGO T-Call A7670E memperoleh rata-rata delay Firebase 4.574 ms, delay Telegram 2.022 ms, dan response time 15.763 ms. Kedua perangkat mencapai keberhasilan pengiriman data 100%. ESP32 mengirimkan 19 dari 19 data, sedangkan LilyGO mengirimkan 17 dari 17 data. Hasil menunjukkan ESP32 memberikan waktu komunikasi lebih cepat pada kondisi pengujian, sedangkan LilyGO memberikan pilihan koneksi 4G LTE tanpa bergantung pada Wi-Fi.

Kata Kunci: IoT, ESP32 DevKit V1, LilyGO T-Call A7670E, Wi-Fi, 4G LTE

Abstract

This study compares the communication performance of the ESP32 DevKit V1 and LilyGO T-Call A7670E in an Internet of Things (IoT)-based home security system. The ESP32 DevKit V1 uses Wi-Fi, while the LilyGO T-Call A7670E uses a 4G LTE network. The system integrates RFID RC522 for user authentication, a Magnetic Door Sensor MC-38 for door status detection, a Solenoid Door Lock for access control, Firebase Realtime Database for storage and monitoring, and a Telegram Bot for notifications. An experimental method was applied by building two configurations with the same security functions. Testing was conducted using Firebase transmission delay, Telegram notification delay, response time, data transmission success rate, and communication observation. The ESP32 DevKit V1 achieved an average Firebase delay of 4,300 ms, Telegram delay of 2,019 ms, and response time of 7,650 ms. The

LilyGO T-Call A7670E achieved 4,574 ms, 2,022 ms, and 15,763 ms, respectively. Both devices achieved a 100% data transmission success rate. The results indicate that the ESP32 provided faster communication under the tested conditions, while the LilyGO provided a 4G LTE communication alternative without depending on local Wi-Fi.

Keywords: IoT, ESP32 DevKit V1, LilyGO T-Call A7670E, Wi-Fi, 4G LTE

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh. Penerapan IoT pada keamanan rumah dapat menggabungkan proses autentikasi, penguncian pintu, pemantauan kondisi pintu, penyimpanan data, dan pengiriman notifikasi dalam satu sistem. Konsep tersebut memberikan kemudahan karena informasi aktivitas keamanan dapat diterima tanpa pemeriksaan langsung di lokasi. Penerapan IoT pada sistem keamanan rumah juga telah menjadi salah satu topik yang banyak dikembangkan pada penelitian sebelumnya [1], [2].

Sistem keamanan konvensional yang hanya menggunakan kunci mekanis memiliki keterbatasan ketika pengguna membutuhkan informasi mengenai kondisi rumah dari jarak jauh. Sistem tersebut tidak dapat memberikan informasi otomatis ketika terjadi percobaan akses yang tidak sah. Karena itu, sistem keamanan berbasis IoT dapat digunakan untuk menambahkan autentikasi elektronik dan komunikasi data. Penelitian menggunakan RFID sebagai media identifikasi karena setiap kartu memiliki UID yang dapat dibandingkan dengan data pengguna yang telah terdaftar. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan penerapan RFID dan sensor pintu pada sistem pengamanan pintu [4], [5].

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengendali yang membaca sensor, menjalankan logika autentikasi, mengendalikan aktuator, dan mengirimkan data ke layanan internet. ESP32 DevKit V1 memiliki konektivitas Wi-Fi sehingga sesuai digunakan pada lokasi yang menyediakan jaringan lokal. Penelitian berbasis ESP32 telah banyak diterapkan pada sistem IoT dan keamanan rumah [3], [4]. Sementara itu, LilyGO T-Call A7670E menggabungkan ESP32 dengan modem A7670E sehingga komunikasi data dapat dilakukan melalui jaringan seluler 4G LTE. Perbedaan media komunikasi ini menjadi dasar untuk membandingkan waktu pengiriman dan respons sistem.

Firebase Realtime Database digunakan sebagai media penyimpanan dan sinkronisasi data. Data aktivitas autentikasi, kondisi pintu, status kunci, dan waktu kejadian dikirim ke server sehingga dapat dipantau. Penggunaan Firebase pada sistem berbasis ESP32 telah diterapkan pada sistem IoT lain dan menunjukkan bahwa platform tersebut dapat digunakan sebagai media penyimpanan data secara daring [8]. Telegram Bot digunakan sebagai media notifikasi agar pengguna menerima informasi aktivitas sistem.

Penelitian terdahulu telah membahas sistem keamanan rumah berbasis ESP32, RFID, sensor pintu, dan Telegram. Penelitian lain membahas sistem keamanan dengan ESP32-CAM serta notifikasi waktu nyata [3], [9]. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus membandingkan ESP32 berbasis Wi-Fi dengan LilyGO T-Call A7670E berbasis 4G LTE dalam

satu rancangan sistem keamanan rumah. Perbandingan ini penting karena media komunikasi dapat memengaruhi delay dan response time. Kajian mengenai komunikasi seluler pada IoT juga menunjukkan bahwa jaringan seluler menjadi salah satu pilihan komunikasi untuk aplikasi IoT yang membutuhkan konektivitas tanpa jaringan lokal [6].

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini merancang dua konfigurasi sistem keamanan rumah dengan fungsi yang sama. Konfigurasi pertama menggunakan ESP32 DevKit V1 dan Wi-Fi. Konfigurasi kedua menggunakan LilyGO T-Call A7670E dan jaringan 4G LTE. Kedua konfigurasi menggunakan RFID RC522, Magnetic Door Sensor MC-38, Solenoid Door Lock, Firebase Realtime Database, dan Telegram Bot. Kinerja dibandingkan menggunakan parameter delay Firebase, delay Telegram, response time, dan persentase keberhasilan pengiriman data.

Tujuan penelitian adalah mengimplementasikan sistem keamanan rumah berbasis IoT dan membandingkan kinerja kedua perangkat pada kondisi pengujian yang sama. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan perangkat komunikasi untuk sistem keamanan rumah. Pemilihan tidak hanya mempertimbangkan kecepatan, tetapi juga jenis jaringan yang tersedia pada lokasi penerapan.

METODE

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan komparatif. Dua konfigurasi sistem dibangun untuk menjalankan fungsi keamanan yang sama. Konfigurasi pertama menggunakan ESP32 DevKit V1 dengan jaringan Wi-Fi. Konfigurasi kedua menggunakan LilyGO T-Call A7670E dengan jaringan 4G LTE. Penggunaan fungsi yang sama dimaksudkan agar perbedaan hasil lebih berfokus pada karakteristik komunikasi kedua perangkat.

Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, integrasi perangkat dengan Firebase dan Telegram, pengujian fungsi, pengukuran parameter komunikasi, serta analisis hasil. Setiap konfigurasi diuji untuk memastikan fungsi dasar berjalan sebelum dilakukan pengambilan data kinerja. Tahapan ini penting agar nilai delay tidak dianggap sebagai masalah jaringan apabila sebenarnya disebabkan oleh kegagalan fungsi perangkat.

Tahap	Kegiatan
1	Menentukan kebutuhan sistem keamanan dan parameter pengujian.
2	Merancang perangkat keras untuk konfigurasi ESP32 dan LilyGO.
3	Merancang alur perangkat lunak dan integrasi Firebase serta Telegram.
4	Melakukan pengujian fungsi RFID, sensor pintu, solenoid, buzzer, Firebase, dan Telegram.

5	Mengukur delay, response time, keberhasilan pengiriman, dan komunikasi data.
6	Membandingkan hasil kedua konfigurasi dan menarik kesimpulan.

Perangkat dan Komponen

Perangkat keras yang digunakan terdiri atas ESP32 DevKit V1, LilyGO T-Call A7670E, RFID RC522, Magnetic Door Sensor MC-38, Solenoid Door Lock, relay atau driver solenoid, buzzer, dan catu daya. ESP32 digunakan sebagai pengendali pada konfigurasi Wi-Fi. LilyGO digunakan sebagai pengendali sekaligus perangkat komunikasi seluler. RFID digunakan untuk membaca UID kartu. Sensor MC-38 digunakan untuk membaca perubahan kondisi pintu. Solenoid digunakan sebagai pengunci, sedangkan buzzer memberikan indikator ketika terjadi akses yang ditolak atau kondisi yang membutuhkan peringatan.

Komponen	Fungsi
ESP32 DevKit V1	Pengendali dan komunikasi Wi-Fi.
LilyGO T-Call A7670E	Pengendali dan komunikasi 4G LTE.
RFID RC522	Membaca UID kartu untuk autentikasi.
Magnetic Door Sensor MC-38	Mendeteksi kondisi pintu terbuka atau tertutup.
Solenoid Door Lock	Mengunci dan membuka akses pintu.
Relay/driver	Mengendalikan beban solenoid dari mikrokontroler.
Buzzer	Memberikan indikator suara.
Firebase Realtime Database	Menyimpan dan memantau data sistem.
Telegram Bot	Mengirim notifikasi aktivitas.

Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE. Data dari sensor diproses pada mikrokontroler. Hasil autentikasi dan perubahan kondisi sistem kemudian dikirim ke layanan internet. Pada konfigurasi ESP32, data dikirim melalui Wi-Fi. Pada konfigurasi LilyGO, data dikirim melalui modem A7670E menggunakan jaringan 4G LTE.

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dibuat dengan mempertahankan fungsi keamanan yang sama pada dua perangkat. Perbedaan utama terletak pada media komunikasi. ESP32 DevKit V1 memperoleh akses internet melalui Wi-Fi, sedangkan LilyGO T-Call A7670E memperoleh akses internet melalui modem A7670E dan jaringan 4G LTE. Dengan rancangan tersebut, kedua sistem dapat dibandingkan pada fungsi dan alur kerja yang setara.

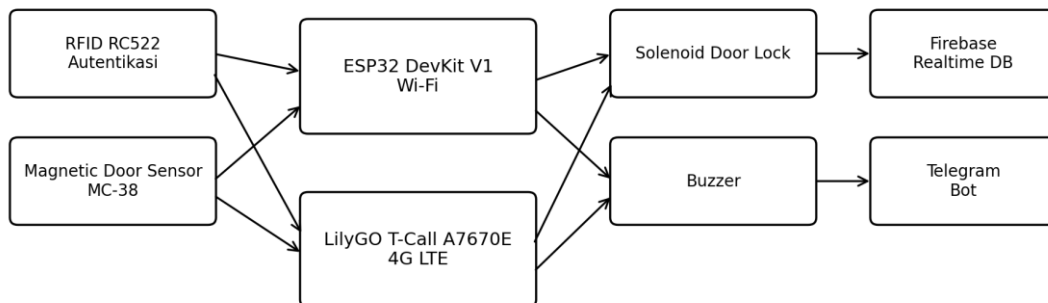
Perancangan Perangkat Keras

Pada sisi masukan, RFID RC522 membaca kartu pengguna dan Magnetic Door Sensor MC-38 membaca posisi pintu. Data masukan diproses oleh mikrokontroler. Jika UID kartu terdaftar, mikrokontroler memberikan perintah untuk membuka solenoid. Jika UID tidak

terdaftar, solenoid tetap terkunci dan buzzer diaktifkan sebagai indikator. Perubahan kondisi pintu juga dibaca oleh mikrokontroler dan dicatat sebagai aktivitas sistem.

Pada sisi keluaran, Solenoid Door Lock berfungsi sebagai pengunci fisik. Buzzer digunakan sebagai indikator suara ketika sistem mendeteksi akses yang tidak sesuai. Data hasil pembacaan tidak hanya digunakan untuk mengendalikan perangkat lokal, tetapi juga dikirim ke Firebase dan Telegram. Rancangan ini membuat satu kejadian dapat menghasilkan dua keluaran komunikasi, yaitu pencatatan pada database dan notifikasi kepada pengguna.

Gambar 1. Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT

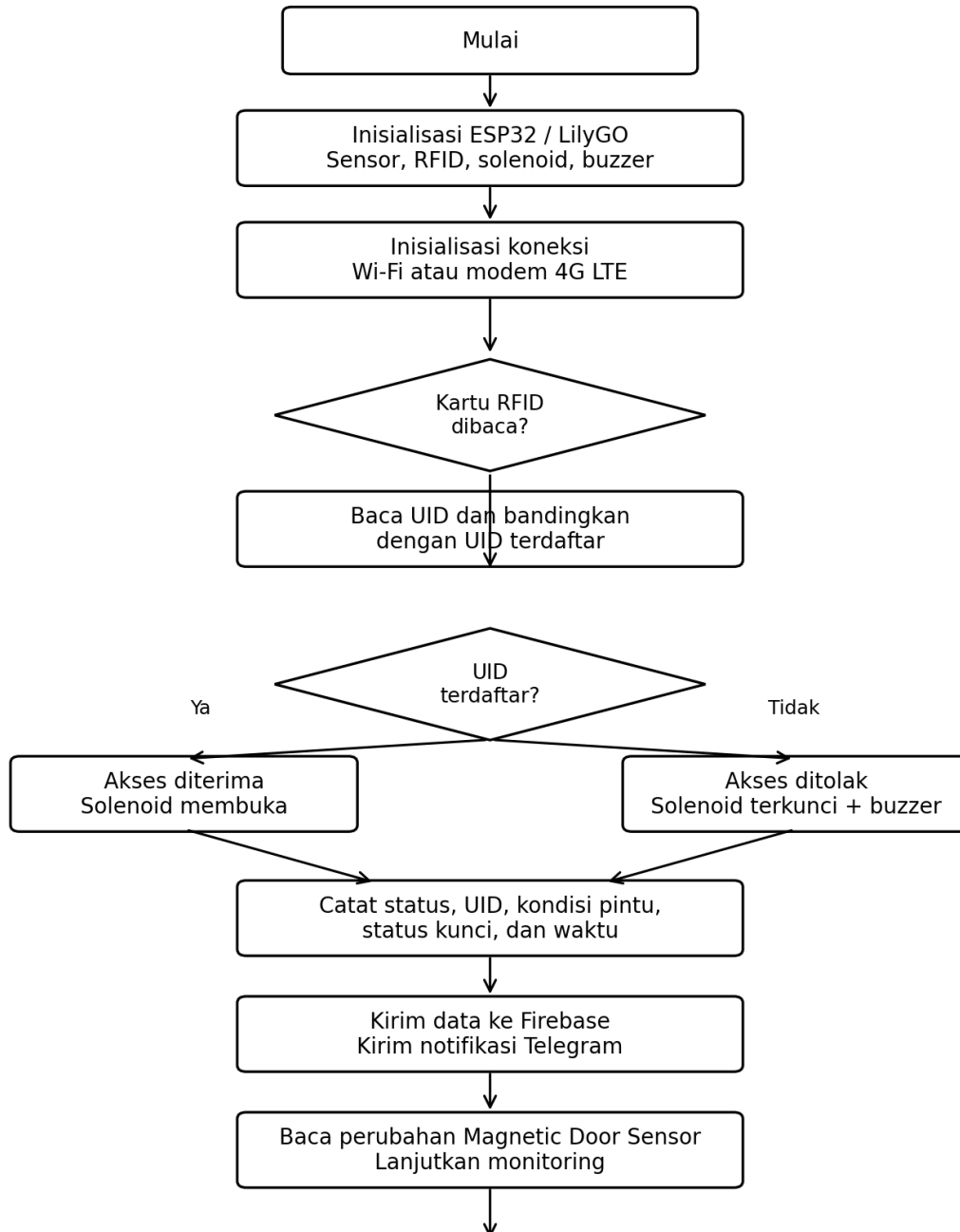


Dua konfigurasi menggunakan fungsi keamanan yang sama. Perbedaannya terletak pada media komunikasi.

Gambar 1. Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT

Konfigurasi Pin

Konfigurasi pin disesuaikan dengan fungsi setiap modul. RFID RC522 menggunakan antarmuka SPI pada mikrokontroler. Sensor magnetic digunakan sebagai input digital. Solenoid dikendalikan melalui rangkaian driver agar beban tidak langsung diberikan ke pin mikrokontroler. Buzzer digunakan sebagai keluaran digital. Konfigurasi detail dapat mengikuti rancangan perangkat keras pada tugas akhir karena jurnal ini menekankan hasil perbandingan komunikasi.

Gambar 2. Flowchart Perangkat Lunak Sistem

Gambar 2. Flowchart Perangkat Lunak Sistem

Perancangan Alur Sistem

Alur sistem dimulai dari inisialisasi mikrokontroler dan koneksi jaringan. Setelah koneksi tersedia, sistem menunggu kartu RFID atau perubahan kondisi pintu. Ketika kartu dibaca, UID dibandingkan dengan UID yang tersimpan sebagai data pengguna. UID terdaftar menghasilkan status akses diterima dan solenoid membuka. UID tidak terdaftar menghasilkan status akses ditolak, solenoid tetap terkunci, dan buzzer aktif. Informasi kejadian kemudian dikirim ke Firebase dan Telegram.

Pada LilyGO, sebelum pengiriman data dilakukan, modem harus berada pada kondisi siap. Proses mencakup pemeriksaan SIM, sinyal, jaringan LTE, APN, PDP Context, alamat IP internet, dan koneksi HTTP. Pemeriksaan tersebut diperlukan karena komunikasi seluler memiliki tahapan koneksi yang lebih banyak dibandingkan koneksi Wi-Fi langsung.

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK DAN SKENARIO PENGUJIAN

Perancangan Perangkat Lunak

Program dibagi menjadi beberapa fungsi utama, yaitu inisialisasi perangkat, pembacaan RFID, pembacaan sensor pintu, pengendalian solenoid, pengendalian buzzer, pengiriman data Firebase, dan pengiriman Telegram. Pemisahan fungsi membuat proses pengujian lebih mudah karena setiap fungsi dapat diperiksa secara terpisah. Program juga menyimpan status autentikasi dan kondisi perangkat agar informasi yang dikirim ke server sesuai dengan kejadian yang terjadi.

Pada proses autentikasi, sistem membaca UID dari RFID RC522. UID kemudian dibandingkan dengan UID yang telah terdaftar. Jika sesuai, sistem memberikan status akses diterima. Jika tidak sesuai, sistem memberikan status akses ditolak. Status tersebut menjadi bagian dari data yang dikirim ke Firebase. Pada saat yang sama, sistem mengirimkan notifikasi Telegram sehingga pengguna dapat mengetahui aktivitas akses.

Magnetic Door Sensor MC-38 digunakan untuk mendeteksi pintu terbuka dan tertutup. Ketika magnet berada pada posisi dekat sensor, sistem membaca kondisi pintu sesuai konfigurasi rangkaian. Ketika pintu berubah posisi, mikrokontroler mendeteksi perubahan status dan memperbarui data. Dengan demikian, sistem tidak hanya memeriksa identitas pengguna, tetapi juga memantau kondisi fisik pintu.

Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dalam beberapa kondisi. Pertama, pengujian fungsi untuk memastikan seluruh perangkat bekerja. Kedua, pengujian autentikasi menggunakan UID terdaftar dan tidak terdaftar. Ketiga, pengujian kondisi pintu menggunakan Magnetic Door Sensor. Keempat, pengujian pengiriman data ke Firebase dan notifikasi Telegram. Kelima, pengujian komunikasi menggunakan Wireshark pada konfigurasi ESP32. Pada LilyGO dilakukan pemeriksaan status modem dan jaringan 4G LTE.

Skenario	Kondisi	Hasil yang diamati
RFID	UID terdaftar	Akses diterima, solenoid membuka.
RFID	UID tidak terdaftar	Akses ditolak, solenoid tetap terkunci, buzzer aktif.

Pintu	Pintu tertutup	Status tertutup dikirim ke server.
Pintu	Pintu terbuka	Status terbuka dikirim ke server.
Firebase	Data dikirim	Waktu pengiriman dan penerimaan diamati.
Telegram	Notifikasi dikirim	Waktu notifikasi diamati.
Komunikasi	ESP32	Paket dan throughput diamati dengan Wireshark.
Komunikasi	LilyGO	Modem, SIM, LTE, APN, PDP, IP, dan HTTP diperiksa.

Parameter Pengujian

Delay digunakan untuk mengetahui waktu tunda pengiriman data dari perangkat ke tujuan. Response time digunakan untuk melihat waktu yang dibutuhkan sistem sejak proses dimulai sampai sistem memberikan respons. Persentase keberhasilan digunakan untuk melihat tingkat keandalan pengiriman data. Throughput digunakan pada pengamatan komunikasi ESP32 dengan Wireshark.

$$DDelay = t_2 - t_1 \quad (1)$$

$$\text{Response Time} = t_{\text{respons}} - t_{\text{mulai proses}} \quad (2)$$

$$\text{Persentase Keberhasilan} = (N_{\text{berhasil}} / N_{\text{total}}) \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Throughput} = (\text{Jumlah data} \times 8) / \text{waktu pengiriman} \quad (4)$$

Nilai delay dan response time dinyatakan dalam milidetik (ms). Persentase keberhasilan dinyatakan dalam persen. Semakin kecil delay dan response time, semakin cepat proses komunikasi dan respons sistem pada kondisi pengujian. Nilai keberhasilan yang mendekati 100% menunjukkan pengiriman data yang semakin andal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Fungsi Sistem

Pengujian fungsi dilakukan sebelum pengukuran kinerja komunikasi. Tujuannya untuk memastikan bahwa perbedaan waktu komunikasi tidak berasal dari fungsi perangkat yang gagal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 DevKit V1 dan LilyGO T-Call A7670E dapat menjalankan seluruh fungsi utama sistem keamanan rumah.

No	Parameter	ESP32 DevKit V1	LilyGO T-Call A7670E
1	Pembacaan RFID RC522	Berhasil	Berhasil
2	Deteksi Magnetic Door Sensor	Berhasil	Berhasil
3	Pengendalian Solenoid Door Lock	Berhasil	Berhasil
4	Aktivasi Buzzer	Berhasil	Berhasil

5	Pengiriman ke Firebase	Berhasil	Berhasil
6	Notifikasi Telegram	Berhasil	Berhasil

Berdasarkan tabel tersebut, kedua perangkat dapat menjalankan fungsi input, proses, aktuator, penyimpanan, dan notifikasi. Pada UID terdaftar, sistem memberikan akses dengan membuka solenoid. Pada UID tidak terdaftar, sistem menolak akses, mempertahankan solenoid pada kondisi terkunci, dan mengaktifkan buzzer. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua platform dapat digunakan untuk membangun fungsi dasar keamanan yang sama.

Hasil Pengujian Autentikasi

Pada konfigurasi ESP32, pengujian autentikasi menunjukkan bahwa UID terdaftar dapat diproses sebagai akses yang diterima. Data autentikasi kemudian dikirim ke Firebase dan Telegram. Untuk UID tidak terdaftar, sistem memberikan status penolakan dan buzzer aktif. Data kejadian juga tetap dikirim sehingga percobaan akses yang tidak sah dapat tercatat.

Pada konfigurasi LilyGO, proses autentikasi dilakukan dengan fungsi yang sama. Perbedaannya berada pada proses pengiriman data karena perangkat menggunakan modem A7670E dan jaringan 4G LTE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa UID terdaftar dan tidak terdaftar dapat diproses, kemudian informasi hasil autentikasi dikirim ke layanan internet.

Hasil Pengujian Komunikasi

Parameter	ESP32 DevKit V1	LilyGO T-Call A7670E	Selisih
Rata-rata delay Firebase	4.300 ms	4.574 ms	274 ms
Rata-rata delay Telegram	2.019 ms	2.022 ms	3 ms
Rata-rata response time	7.650 ms	15.763 ms	8.113 ms
Keberhasilan pengiriman	100%	100%	0%
Data berhasil	19 dari 19	17 dari 17	-

Rata-rata delay Firebase pada ESP32 adalah 4.300 ms, sedangkan LilyGO sebesar 4.574 ms. Selisihnya 274 ms. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ESP32 memiliki waktu pengiriman sedikit lebih cepat pada pengujian ini. Perbedaan delay Telegram lebih kecil, yaitu 3 ms. ESP32 memperoleh rata-rata 2.019 ms dan LilyGO 2.022 ms. Dengan perbedaan tersebut, kinerja notifikasi Telegram kedua perangkat relatif dekat.

Perbedaan terbesar terdapat pada response time. ESP32 memiliki rata-rata 7.650 ms, sedangkan LilyGO mencapai 15.763 ms. Selisih 8.113 ms menunjukkan bahwa konfigurasi LilyGO membutuhkan waktu proses lebih panjang dari awal kejadian sampai sistem memberikan respons. Kondisi tersebut tidak berarti bahwa LilyGO gagal, karena seluruh data yang diuji tetap berhasil dikirim.

ANALISIS KINERJA KOMUNIKASI

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa ESP32 DevKit V1 memberikan nilai rata-rata delay Firebase yang lebih rendah dibandingkan LilyGO T-Call A7670E. Selisih 274 ms relatif kecil jika dibandingkan dengan nilai delay rata-rata masing-masing perangkat. Namun, pada response time, perbedaannya jauh lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa response time tidak hanya dipengaruhi oleh proses pengiriman data, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh tahapan yang terjadi sebelum komunikasi selesai.

Pada ESP32, perangkat terhubung langsung dengan jaringan Wi-Fi yang tersedia. Proses pengiriman data menuju Firebase dapat dilakukan melalui koneksi internet yang telah tersedia pada jaringan lokal. Pada LilyGO, data harus melewati modem A7670E dan jaringan seluler. Tahapan komunikasi pada LilyGO mencakup kesiapan modem, SIM, jaringan LTE, APN, PDP Context, IP internet, dan koneksi HTTP. Setiap tahapan dapat memberikan tambahan waktu pada proses.

Meskipun demikian, hasil penelitian tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa Wi-Fi selalu lebih cepat daripada 4G LTE. Nilai yang diperoleh merupakan hasil pada kondisi pengujian tertentu. Kualitas sinyal, beban jaringan, jarak perangkat ke access point, operator seluler, konfigurasi modem, dan kondisi server dapat mengubah hasil. Karena itu, perbandingan yang tepat adalah perbandingan kinerja kedua konfigurasi pada kondisi pengujian yang dilakukan.

Analisis Persentase Keberhasilan

ESP32 DevKit V1 mengirimkan 19 data dan seluruhnya berhasil diterima. Berdasarkan persamaan persentase keberhasilan, nilai yang diperoleh adalah 100%. LilyGO T-Call A7670E mengirimkan 17 data dan seluruh data berhasil diterima sehingga nilai keberhasilannya juga 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua perangkat memiliki tingkat keandalan pengiriman yang sama selama pengujian.

$$\text{ESP32} = (19 / 19) \times 100\% = 100\% \quad (5)$$

$$\text{LilyGO} = (17 / 17) \times 100\% = 100\% \quad (6)$$

Perbedaan jumlah data tidak digunakan untuk menyatakan salah satu perangkat lebih andal karena jumlah percobaan yang dilakukan tidak sama. Parameter yang digunakan adalah perbandingan antara data berhasil dan jumlah data yang dikirim. Kedua perangkat tidak menunjukkan kegagalan pengiriman selama data yang diuji.

Analisis Wireshark pada ESP32

Parameter	Hasil
Perangkat pengirim	ESP32 DevKit V1
Server tujuan	Firestore Realtime Database
Port	443
Protokol	TLSv1.2 / HTTPS
Jenis data	Application Data
Status pengiriman	Berhasil
Alat pengujian	Wireshark
Throughput	103 kbit/s

Pengujian Wireshark menunjukkan adanya pertukaran paket antara ESP32 dan Firebase. Komunikasi menggunakan port 443 dengan TLSv1.2/HTTPS. Paket ACK

menunjukkan bahwa komunikasi memperoleh konfirmasi penerimaan. Statistik pengukuran mencatat sekitar 12 kB/s atau sekitar 103 kbit/s pada paket yang ditampilkan setelah proses penyaringan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa ESP32 dapat melakukan komunikasi data dengan Firebase melalui jaringan Wi-Fi.

ANALISIS KOMUNIKASI LILYGO DAN PEMBAHASAN

Kesiapan Komunikasi LilyGO T-Call A7670E

Parameter	Hasil
ESP32	OK
Modem A7670E	OK
Identitas dan IMEI modem	OK
Kartu SIM	OK
Sinyal	OK
Jaringan LTE	OK
Operator	OK
Data seluler	OK
APN	OK
PDP Context	OK
IP Internet	OK
HTTP Internet	OK

Hasil pemeriksaan menunjukkan seluruh parameter komunikasi LilyGO berada pada status OK. ESP32 dapat berkomunikasi dengan modem A7670E. Modem dapat mengenali identitas dan IMEI, membaca kartu SIM, memperoleh sinyal, terhubung ke jaringan LTE, mengenali operator, dan menggunakan data seluler. APN dan PDP Context juga berhasil dikonfigurasi sampai perangkat memperoleh IP internet dan dapat melakukan koneksi HTTP.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keterlambatan LilyGO bukan disebabkan oleh kegagalan koneksi. Perangkat tetap mampu mengirim data dengan tingkat keberhasilan 100%. Nilai response time yang lebih tinggi lebih tepat dipahami sebagai karakteristik waktu proses konfigurasi dan komunikasi seluler pada kondisi pengujian. Kajian komunikasi IoT melalui jaringan seluler juga menempatkan teknologi seluler sebagai pilihan yang dapat digunakan untuk perangkat IoT yang membutuhkan konektivitas tanpa jaringan Wi-Fi lokal [6].

Perbandingan Karakteristik

Aspek	ESP32 DevKit V1	LilyGO T-Call A7670E
Media komunikasi	Wi-Fi	4G LTE
Delay Firebase	4.300 ms	4.574 ms
Delay Telegram	2.019 ms	2.022 ms
Response time	7.650 ms	15.763 ms
Keberhasilan	100%	100%
Kebutuhan Wi-Fi lokal	Ya	Tidak
Kelebihan utama	Respons lebih cepat pada pengujian	Fleksibel pada lokasi tanpa Wi-Fi

ESP32 lebih sesuai ketika jaringan Wi-Fi lokal tersedia dan stabil. Nilai delay Firebase dan response time lebih rendah pada pengujian. Selain itu, ESP32 memiliki konfigurasi yang lebih sederhana karena tidak membutuhkan modem seluler tambahan. Sebaliknya, LilyGO memiliki keunggulan dari sisi fleksibilitas koneksi. Perangkat dapat menggunakan jaringan seluler sehingga sistem tetap dapat berkomunikasi pada lokasi yang tidak menyediakan Wi-Fi lokal tetapi memiliki cakupan operator.

Hasil ini sejalan dengan kebutuhan sistem IoT yang tidak selalu sama pada setiap lokasi. Pemilihan perangkat sebaiknya mempertimbangkan kondisi jaringan, kebutuhan mobilitas, kecepatan respons, dan ketersediaan infrastruktur. Penelitian tentang sistem rumah pintar menunjukkan bahwa integrasi perangkat, komunikasi, dan layanan pemantauan menjadi bagian penting dalam membangun sistem keamanan yang dapat digunakan secara jarak jauh [1], [2].

Implikasi Hasil

Dari sisi implementasi, sistem dengan ESP32 dapat diprioritaskan untuk rumah yang telah memiliki Wi-Fi stabil. Sistem dengan LilyGO dapat dipilih ketika akses Wi-Fi tidak tersedia atau sistem perlu menggunakan jaringan seluler. Kedua perangkat tetap dapat menjalankan fungsi autentikasi dan monitoring. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menunjukkan perangkat yang lebih cepat, tetapi juga memberikan gambaran karakteristik penggunaan masing-masing perangkat.

PEMBAHASAN LANJUTAN, KETERBATASAN, DAN SIMPULAN

Pembahasan

Perbandingan menunjukkan bahwa perbedaan media komunikasi memberikan pengaruh terhadap waktu respons sistem. ESP32 menggunakan Wi-Fi, sedangkan LilyGO menggunakan 4G LTE. Pada penelitian ini, ESP32 memiliki delay Firebase 274 ms lebih rendah dan response time 8.113 ms lebih rendah daripada LilyGO. Sementara itu, delay Telegram hanya berbeda 3 ms. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa satu parameter tidak selalu memberikan perbedaan yang sama dengan parameter lainnya.

Response time merupakan parameter yang lebih luas karena mencakup proses sejak kejadian dimulai sampai sistem memberikan respons. Pada LilyGO, proses komunikasi melalui modem menjadi bagian dari rangkaian kerja sistem. Karena itu, nilai response time lebih besar daripada delay pengiriman data ke Firebase. Hal ini perlu diperhatikan ketika sistem digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat.

Dari sisi keandalan, kedua perangkat menghasilkan 100% keberhasilan pengiriman. Artinya, selama jumlah data yang diuji, tidak terdapat data yang gagal dikirim. Temuan ini penting karena sistem keamanan tidak hanya membutuhkan kecepatan, tetapi juga membutuhkan informasi yang dapat diterima oleh server dan pengguna. Sistem yang cepat tetapi sering gagal mengirim data akan mengurangi manfaat monitoring.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian dilakukan pada kondisi jaringan yang digunakan saat pengujian. Jumlah data yang diuji pada kedua perangkat juga tidak sama, yaitu 19 data pada ESP32 dan 17 data pada LilyGO. Oleh karena itu, hasil belum dapat digunakan untuk menggambarkan seluruh kondisi jaringan Wi-Fi dan 4G LTE. Pengujian dengan variasi lokasi, jarak, kekuatan sinyal,

operator, waktu pengujian, dan jumlah data yang lebih banyak dapat memberikan hasil yang lebih lengkap.

Pengamatan throughput juga dilakukan pada komunikasi ESP32 ke Firebase menggunakan Wireshark. Pengukuran yang sama belum menjadi dasar utama perbandingan throughput antara ESP32 dan LilyGO. Karena itu, throughput 103 kbit/s diposisikan sebagai hasil pengamatan komunikasi ESP32, bukan sebagai klaim bahwa ESP32 memiliki throughput lebih tinggi daripada LilyGO.

SIMPULAN

Sistem keamanan rumah berbasis IoT berhasil dirancang dan diuji menggunakan ESP32 DevKit V1 dan LilyGO T-Call A7670E. Kedua perangkat dapat menjalankan pembacaan RFID, deteksi kondisi pintu, pengendalian solenoid, aktivasi buzzer, pengiriman data ke Firebase, dan notifikasi Telegram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua platform dapat digunakan untuk fungsi keamanan yang sama. Pada kondisi pengujian, ESP32 DevKit V1 memperoleh rata-rata delay Firebase 4.300 ms, delay Telegram 2.019 ms, dan response time 7.650 ms. LilyGO T-Call A7670E memperoleh rata-rata delay Firebase 4.574 ms, delay Telegram 2.022 ms, dan response time 15.763 ms. Selisih delay Firebase adalah 274 ms, sedangkan selisih response time adalah 8.113 ms. Kedua perangkat memperoleh persentase keberhasilan pengiriman 100%. ESP32 berhasil mengirim 19 dari 19 data dan LilyGO berhasil mengirim 17 dari 17 data. Dengan demikian, ESP32 memberikan waktu komunikasi yang lebih cepat pada kondisi pengujian, sedangkan LilyGO memberikan fleksibilitas koneksi melalui jaringan 4G LTE tanpa bergantung pada Wi-Fi lokal.

SARAN

Penelitian berikutnya dapat menggunakan jumlah data yang lebih banyak dan kondisi jaringan yang lebih beragam. Pengujian dapat dilakukan pada beberapa lokasi dengan tingkat sinyal berbeda. Perbandingan juga dapat diperluas dengan jaringan komunikasi IoT lain seperti LoRa atau NB-IoT. Selain itu, pengukuran throughput dapat dilakukan pada kedua perangkat dengan metode yang sama agar perbandingan kualitas komunikasi menjadi lebih lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, serta dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan dukungan selama proses perancangan, pengujian, dan penyusunan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Alfonso, I., Garcés, K., Castro, H., & Cabot, J. (2021). Self-adaptive architectures in IoT systems: A systematic literature review. 8.
- As an additional technical source, Espressif Systems. (2022). Hardware Design Guidelines. Esp32, 1–38.

- Asysyauqi, H., Andriansyah, M. F., Ulla, L. N., & Sucipto, A. (2025). Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis IoT dengan Teknologi RFID dan Aplikasi Mobile Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Informatika dan Sains Teknologi*, 3(2), 42–50.
- Bakare, M. S., & Abubaker, K. (2026). IoT-based indoor environmental monitoring system using multi-parameter sensing and ESP32-WROOM integration. *Discover Electronics*, 3(1).
- Chakraborty, A., Islam, M., Shahriyar, F., Islam, S., Zaman, H. U., & Hasan, M. (2023). Smart Home System: A Comprehensive Review. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2023.
- Chen, Z., Liu, X., Xia, Y., & Liu, J. (2021). A7672X Series Hardware Design. *SIMCom*.
- Čolaković, A., Džubur, A. H., & Karahodža, B. (2021). Wireless communication technologies for the Internet of Things, 1(1), 1–14.
- Dadi, D., Supriyati, S., Putri, A. A., & Pratama, N. H. B. (2023). Alat Pengaman Kendaraan Bermotor Berbasis Internet of Things. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 19(3), 231–243.
- Hidayah, Q. H., Laksana, R. P., Prabowo, A., & Simatupang, D. S. (2026). IoT-Based Home Security System: ESP32-CAM Integration and Real-Time Notification. *International Transactions on Education Technology*, 4(2), 149–161.
- Jausin, F., Bakar, L., & Abdul Wahab, Z. (2022). Smart Home Security System Using IoT. *Progress in Engineering Application and Technology*, 3(1), 531–541.
- Kumar, R., Rani, S., & Al Awadh, M. (2022). Exploring the Application Sphere of the Internet of Things in Industry 4.0: A Review, Bibliometric and Content Analysis. *Sensors*, 22(11), 1–35.
- Kusuma, H. A., Wijaya, S. B., & Nusyirwan, D. (2023). Sistem Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM dan Telegram Sebagai Notifikasi. *Infotronik*, 8(1), 30.
- Mazhar, T., et al. (2023). Quality of Service (QoS) Performance Analysis in a Traffic Engineering Model for Next-Generation Wireless Sensor Networks. *Symmetry*, 15(2).
- Muzaki, I., Amal, M. I., & AlFarisi, M. (2024). Smart Lock Door Berbasis Digital Menggunakan RFID RC522 dan Microcontroller Arduino Nano. *Transient*, 13(2), 75–81.
- Muzaki, I., Amal, M. I., & AlFarisi, M. (2024). Smart Lock Door Berbasis Digital Menggunakan RFID RC522 dan Microcontroller Arduino Nano. *Transient*, 13(2), 75–81.
- Ramadhani, S., & Putri, D. P. (2023). Design of a Home Door Security System Based on NodeMCU ESP32 Using a Magnetic Reed Switch Sensor and Telegram Bot Application. *Sinkron*, 8(4), 2059–2068.
- Rizqi Samkayana, I. N. W. R. S. (2025). Implementasi Firebase Realtime Database Pada Smart Cat Feeder Berbasis Mikrokontroler ESP32. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3).
- Routray, S. K., & Mohanty, S. (2024). Cellular Internet of Things: Principles, Potentials and Use Cases. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 10, 1–14.
- Sun, H., Ma, Y., Quek, T. Q. S., Wang, X., Guo, K., & Zhang, H. (2023). MDC Enhanced IoT Networks: Network Modeling and Performance Analysis. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, 7(2), 839–854.

Texas Instruments. (2023). LM2596 SIMPLE SWITCHER 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator. LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter, 1(1), 1–47.