

Perancangan Sistem Keamanan Perumahan Menggunakan *QR Code* Sekali Pakai Berbasis ESP32 dan *Firestore Realtime Database*

Muhammad Reza Zurisabil¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Karawang, Indonesia

*Penulis Korespondensi, e-mail: 2210631160099@student.unsika.ac.id

Received:08/06/2026

Revised:16/07/2026

Accepted:16/07/2026

ABSTRAK

Sistem keamanan perumahan yang masih menggunakan pemeriksaan manual maupun kartu RFID memiliki risiko kesalahan verifikasi, kehilangan akses, dan penyalahgunaan oleh pihak tidak berwenang. Penelitian ini bertujuan merancang sistem keamanan perumahan berbasis *one-time QR Code* menggunakan ESP32 dan Firestore Realtime Database. Metode penelitian menggunakan *Prototype Method* melalui tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan, simulasi konseptual, evaluasi, dan perbaikan sistem. QR Code digunakan sebagai autentikasi akses penghuni dan tamu, sedangkan Firestore berfungsi untuk validasi data secara real-time. Hasil perancangan dan simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu menerapkan mekanisme QR Code sekali pakai, mencegah penggunaan ulang QR Code yang telah digunakan, serta mendukung operasional gerbang melalui fitur *manual override* ketika koneksi internet terganggu. Seluruh skenario pengujian yang diimplementasikan pada sistem berhasil dijalankan sesuai dengan rancangan.

Kata Kunci: ESP32, Firestore Realtime Database, QR Code, IoT, Keamanan perumahan

ABSTRACT

Residential security systems that still rely on manual inspection and RFID cards are susceptible to verification errors, loss of access credentials, and unauthorized use. This study aims to design a residential security system based on a one-time QR Code using ESP32 and Firestore Realtime Database. The research employs the Prototype Method, which consists of requirement identification, system design, conceptual simulation, evaluation, and system refinement stages. QR Codes are used as authentication credentials for residents and visitors, while Firestore serves as a real-time data validation platform. The design and simulation results show that the system is capable of implementing a one-time QR Code mechanism, preventing the reuse of previously scanned QR Codes, and supporting gate operation through a manual override feature when internet connectivity is disrupted. All testing scenarios implemented in the system were successfully executed according to the designed specifications.

Keywords: ESP32, Firestore Realtime Database, QR Code, IoT, Residential security

1. PENDAHULUAN

Keamanan di lingkungan perumahan merupakan aspek penting dalam menjaga kenyamanan dan perlindungan bagi penghuni. Sebagian perumahan masih menggunakan sistem keamanan berbasis pemeriksaan manual yang menghadapi masalah keterbatasan pengawasan, kemacetan kendaraan, dan potensi kesalahan verifikasi identitas. Sistem akses berbasis kartu identitas atau izin manual juga berisiko kehilangan, peminjaman, dan penyalahgunaan oleh pihak tidak berwenang [1].

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem keamanan berbasis teknologi untuk area perumahan. Gozali dan Basori menciptakan sistem berbasis web menggunakan Raspberry Pi untuk pemantauan lingkungan secara langsung [2]. Sedangkan Pratama dan Nada menerapkan gerbang otomatis

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



berbasis RFID untuk mengelola akses kendaraan penghuni [3]. Namun penggunaan RFID memiliki keterbatasan seperti kartu yang dapat hilang, dipinjam, atau disalahgunakan. Robiyanto dkk. mengembangkan sistem *barrier gate* berbasis IoT dengan akses e-KTP yang menunjukkan autentikasi digital dapat meningkatkan kontrol akses secara lebih terstruktur [4]. meski masih bergantung pada kartu fisik dan kurang fleksibel untuk tamu non-penghuni.

QR Code menjadi pilihan autentikasi digital karena mudah diintegrasikan dengan perangkat *mobile* tanpa memerlukan perangkat fisik tambahan. Salam dan Bhaskoro menyatakan *QR Code* dapat digunakan sebagai sistem autentikasi dengan fleksibilitas tinggi [5]. sementara Nashrulloh dan Mubin menunjukkan *QR Code* dinamis yang berubah berkala dapat meningkatkan keamanan akses [6]. Bayu dan Astutik membuktikan integrasi *QR Code* dengan ESP32 dapat diterapkan pada sistem *smart home* untuk kendali akses otomatis berbasis internet [7]. dan Basit dkk. membuktikan *QR Code* efektif sebagai metode autentikasi pada *smart door lock* [8].

Berdasarkan kajian tersebut, sistem keamanan gerbang perumahan masih banyak menggunakan RFID dan belum memanfaatkan *QR Code* sekali pakai. Penerapan *QR Code* sekali pakai dapat meminimalkan penyalahgunaan akses karena kode langsung tidak berlaku setelah digunakan. Integrasi basis data *real-time* juga diperlukan agar validasi akses dapat dilakukan secara cepat dan terpusat. Koushal dkk. menunjukkan *Firebase Realtime Database* mampu mendukung komunikasi data IoT secara langsung menggunakan ESP32 [9]. dan Za'bah serta Mohamad menjelaskan *Firebase* dapat digunakan sebagai media sinkronisasi data sistem monitoring IoT secara efisien [10]. Al Kahfi dan Tharam telah menerapkan konsep serupa pada sistem *gate barrier* berbasis *QR Code* dengan ESP32, namun belum menerapkan mekanisme *QR Code* sekali pakai dengan integrasi *Firebase* secara *real-time* [11].

Penelitian ini mengusulkan perancangan sistem keamanan perumahan menggunakan *QR Code* sekali pakai berbasis ESP32 dan *Firebase Realtime Database*, dengan fitur *manual override* oleh petugas keamanan agar gerbang tetap dapat dioperasikan saat terjadi gangguan jaringan internet

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Prototipe untuk merancang sistem keamanan perumahan berbasis *QR Code* sekali pakai menggunakan ESP32 dan *Firebase Realtime Database*. Metode prototipe dipilih karena dapat memberikan gambaran sistem sebelum implementasi fisik dilakukan. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototipe konseptual, evaluasi, dan perbaikan rancangan.



Gambar 1: Tahapan metode prototipe



2.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem keamanan pada lingkungan perumahan. Proses identifikasi bertujuan mengetahui permasalahan yang sering muncul pada sistem keamanan konvensional, seperti pemeriksaan akses secara manual, potensi penyalahgunaan akses, dan keterbatasan pengawasan petugas keamanan. Analisis kebutuhan pengguna dilakukan terhadap penghuni perumahan, tamu, dan petugas keamanan (satpam). Penghuni memerlukan akses masuk yang praktis dan aman. Petugas keamanan membutuhkan sistem yang membantu proses verifikasi akses secara cepat dan akurat. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi penelitian terdahulu mengenai sistem keamanan berbasis *QR Code*, ESP32, Firebase Realtime Database, dan sistem akses otomatis pada gerbang perumahan [4]–[11].

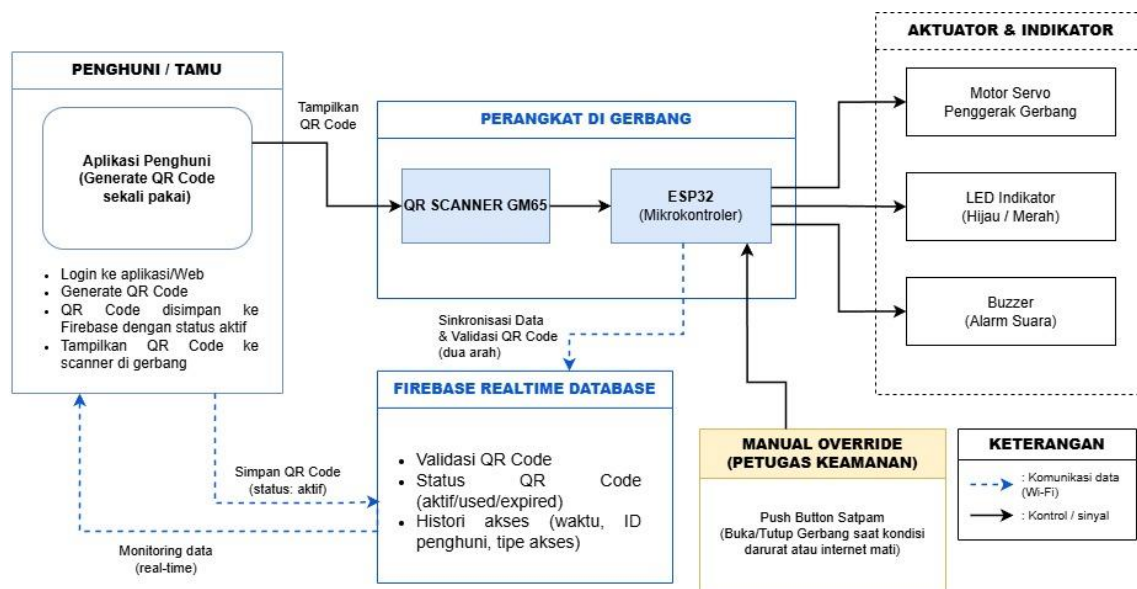
2.2 Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem, database Firebase, dan mekanisme autentikasi menggunakan QR Code sekali pakai. Sistem dirancang agar penghuni atau tamu menghasilkan QR Code melalui smartphone yang kemudian dipindai oleh QR Scanner GM65 dan diverifikasi oleh ESP32 melalui Firebase Realtime Database.

TABEL I: KOMPONEN UTAMA PADA PERANCANGAN SISTEM

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32	Mikrokontroler utama untuk memproses autentikasi QR Code dan mengendalikan seluruh perangkat sistem
2	QR Scanner (GM65/GM67)	Membaca QR Code yang ditampilkan pada smartphone penghuni atau tamu
3	Firebase Realtime Database	Menyimpan data QR Code, status akses, dan log autentikasi secara real-time
4	Motor Servo	Menggerakkan mekanisme buka dan tutup gerbang
5	Push Button	Mengaktifkan fitur <i>manual override</i> saat koneksi internet tidak tersedia
6	Buzzer dan LED	Memberikan indikator visual dan audio terhadap status akses
7	Smartphone	Menampilkan QR Code sebagai media autentikasi penghuni atau tamu

Komponen pada Tabel I digunakan untuk mendukung proses autentikasi QR Code, validasi data, dan pengendalian gerbang. Integrasi antar komponen dirancang secara konseptual untuk menggambarkan alur kerja sistem keamanan perumahan.



Gambar 2: Arsitektur sistem keamanan perumahan



Berdasarkan Gambar 2, QR Code yang dihasilkan melalui smartphone dipindai oleh QR Scanner GM65 dan dikirim ke ESP32 untuk divalidasi melalui Firebase Realtime Database. Jika QR Code valid, status akan berubah menjadi *used* dan servo membuka gerbang. Ketika koneksi internet tidak tersedia, gerbang tetap dapat dioperasikan menggunakan fitur *manual override* yang hanya dapat diakses oleh petugas keamanan melalui panel kontrol pada pos jaga. Status "*Manual Override Aktif*" ditampilkan pada OLED selama mode manual digunakan.

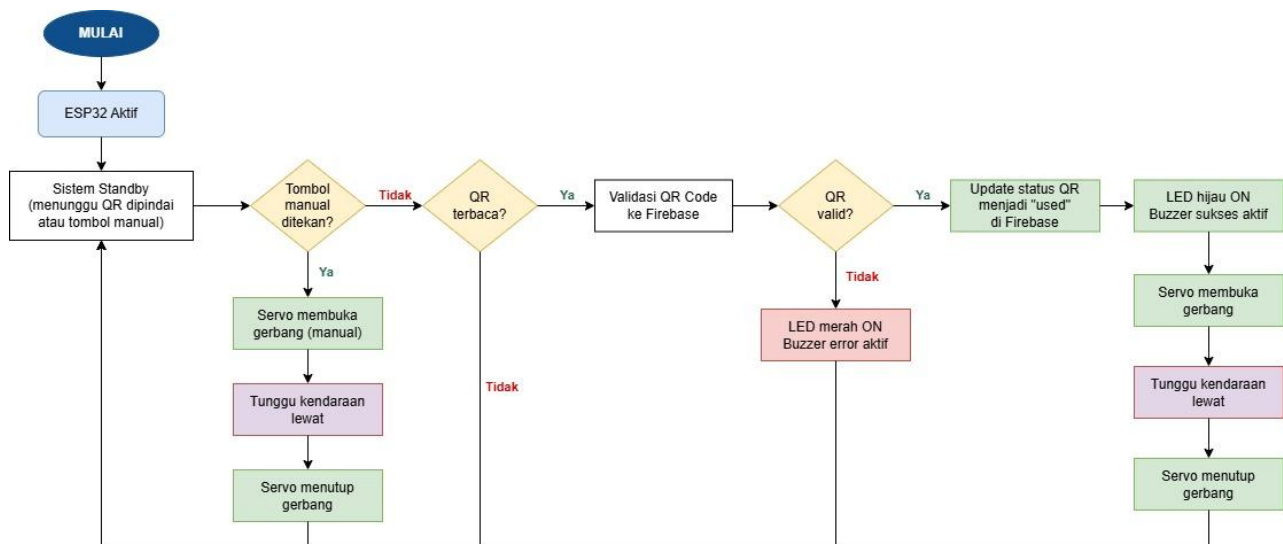
Fitur *manual override* dirancang sebagai mekanisme cadangan ketika koneksi internet tidak tersedia sehingga proses validasi melalui Firebase tidak dapat dilakukan. Akses terhadap tombol *manual override* dibatasi pada panel kontrol yang berada di pos jaga dan hanya dapat digunakan oleh petugas keamanan yang bertugas. Pembatasan akses fisik tersebut bertujuan untuk mengurangi kemungkinan penggunaan oleh pihak yang tidak berwenang. Pada implementasi penelitian ini, penggunaan *manual override* belum dicatat secara otomatis ke Firebase. Pengembangan selanjutnya dapat menambahkan mekanisme pencatatan log akses manual, autentikasi petugas menggunakan PIN atau kartu identitas, serta integrasi dengan CCTV untuk meningkatkan keterlacakan dan keamanan penggunaan fitur *manual override*.

2.3 Pembuatan Prototipe Konseptual

Tahap ini dilakukan melalui pembuatan prototipe konseptual untuk menggambarkan cara kerja sistem keamanan perumahan berbasis QR Code sekali pakai. Prototipe disimulasikan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, *Firebase Realtime Database* sebagai media validasi data secara *real-time*, serta antarmuka web untuk menghasilkan QR Code penghuni dan tamu. Simulasi dilakukan untuk menunjukkan proses pemindaian QR Code, validasi status akses, perubahan status QR menjadi *used* setelah digunakan, serta mekanisme pembukaan gerbang otomatis maupun *manual override* oleh petugas keamanan. Pendekatan simulasi konseptual dipilih untuk mempermudah pengujian integrasi antar komponen sebelum implementasi fisik dilakukan [6], [10].

2.4 Evaluasi Rancangan Sistem

Evaluasi dilakukan melalui beberapa skenario pengujian yang mencakup QR Code valid, QR Code yang telah digunakan, QR Code palsu, kondisi koneksi internet terputus, dan penggunaan fitur *manual override*. Skenario tersebut digunakan untuk mengevaluasi mekanisme autentikasi, validasi data, pengendalian gerbang, serta operasional sistem ketika terjadi gangguan jaringan.



Gambar 3: Flowchart sistem keamanan berbasis QR Code sekali pakai



2.5 Perbaikan Rancangan

Tahap akhir dilakukan dengan memperbaiki rancangan sistem berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Perbaikan difokuskan pada mekanisme validasi *QR Code*, pembaruan status *QR* menjadi *used*, serta optimasi fitur *manual override* agar sistem tetap dapat beroperasi ketika terjadi gangguan koneksi internet. Tahap ini bertujuan untuk memastikan alur kerja sistem keamanan perumahan dapat berjalan sesuai rancangan dan meminimalkan potensi kesalahan akses.

Perlu ditegaskan bahwa penelitian ini masih berada pada tahap perancangan dan simulasi menggunakan platform Wokwi. Seluruh hasil pengujian yang disajikan pada bagian selanjutnya merupakan hasil simulasi konseptual dan belum diuji pada perangkat keras fisik maupun pada lingkungan perumahan yang sesungguhnya. Dengan demikian, klaim peningkatan keamanan pada penelitian ini bersifat potensial berdasarkan hasil simulasi, dan memerlukan pengujian lanjutan pada implementasi fisik untuk memverifikasi performa pada kondisi nyata, termasuk faktor jaringan, pencahayaan *QR Scanner*, dan kondisi lingkungan luar ruangan.

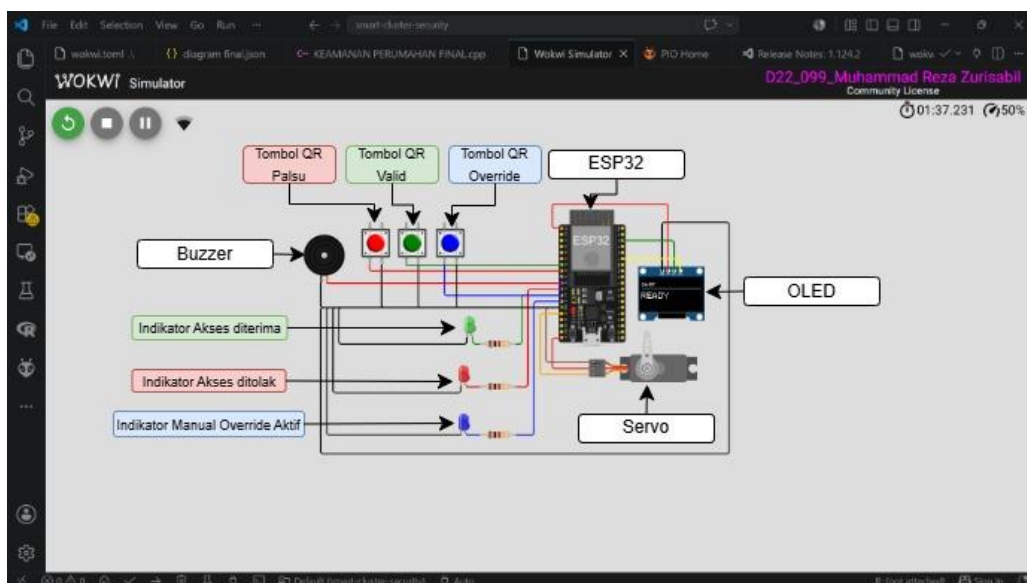
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan sistem keamanan perumahan berbasis *QR Code* sekali pakai terdiri dari tiga komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu simulasi perangkat keras menggunakan Wokwi pada VSCode, basis data *Firebase Realtime Database*, dan antarmuka web untuk pembuatan *QR Code* tamu. Seluruh komponen dirancang secara konseptual menggunakan metode prototipe untuk menggambarkan alur kerja sistem sebelum implementasi fisik dilakukan.

3.1.1 Simulasi Perangkat Keras

Simulasi perangkat keras dilakukan menggunakan platform Wokwi yang terintegrasi dengan VSCode melalui PlatformIO. Sistem terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler utama, motor servo sebagai aktuator gerbang, OLED SSD1306 sebagai media informasi, buzzer sebagai indikator suara, serta LED hijau, merah, dan biru sebagai indikator status sistem. Pada simulasi, *QR Scanner GM65* direpresentasikan oleh push button, yaitu tombol hijau untuk *QR Code* valid, tombol merah untuk *QR Code* palsu, dan tombol biru untuk fungsi manual override. Penggunaan ESP32 sebagai pengendali utama sesuai dengan penelitian Bayu dan Astutik yang menerapkan ESP32 pada sistem smart home berbasis *QR Code* [8].



Gambar 4: Tampilan simulasi rangkaian sistem keamanan pada Wokwi



Berdasarkan Gambar 4, seluruh komponen terhubung ke ESP32 sesuai konfigurasi pin yang telah ditentukan. OLED menampilkan status sistem dan kesiapan proses autentikasi QR Code. Daftar komponen yang digunakan dalam perancangan sistem ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II: KOMPONEN SIMULASI

No	Komponen	Keterangan Simulasi
1	ESP32	Mikrokontroler utama pada simulasi Wokwi
2	Push Button Hijau	Pengganti <i>QR Scanner</i> /Simulasi <i>QR</i> valid
3	Push Button Merah	Pengganti <i>QR Scanner</i> /Simulasi <i>QR</i> palsu
4	Push Button Biru	Tombol Manual Override
5	Motor Servo	Simulasi palang gerbang (0°=tutup, 90°=buka)
6	LED Hijau	Indikator visual akses diterima
7	LED Merah	Indikator visual akses ditolak
8	LED Biru	Indikator Manual Override Aktif
9	Buzzer	Indikator suara (1x = diterima, 3x = ditolak)
10	OLED SSD1306	Menampilkan status sistem secara real-time

3.1.2 Struktur *Firestore Realtime Database*

Firestore Realtime Database digunakan sebagai basis data terpusat untuk menyimpan data QR Code, status validasi, log akses, dan QR aktif yang menunggu pemindaian. Struktur database terdiri dari node /qr_code, /active_scan, dan /logs. Setiap QR Code yang dibuat melalui antarmuka web akan disimpan pada node /qr_code dengan status awal "active" dan ID QR yang sama ditulis pada node /active_scan sebagai QR yang siap digunakan. Saat QR Code dipindai, ESP32 mengambil data dari Firestore untuk memverifikasi status QR. Jika status masih "active", sistem memberikan akses, mengubah status menjadi "used", dan mencatat hasil autentikasi pada node /logs. Sebaliknya, apabila status telah berubah menjadi "used" atau QR tidak valid, akses akan ditolak dan hasil penolakan dicatat ke dalam log. Perubahan status QR Code pada Firestore kemudian ditampilkan kembali pada antarmuka web sehingga informasi yang diterima penghuni selalu sesuai dengan kondisi terbaru sistem.

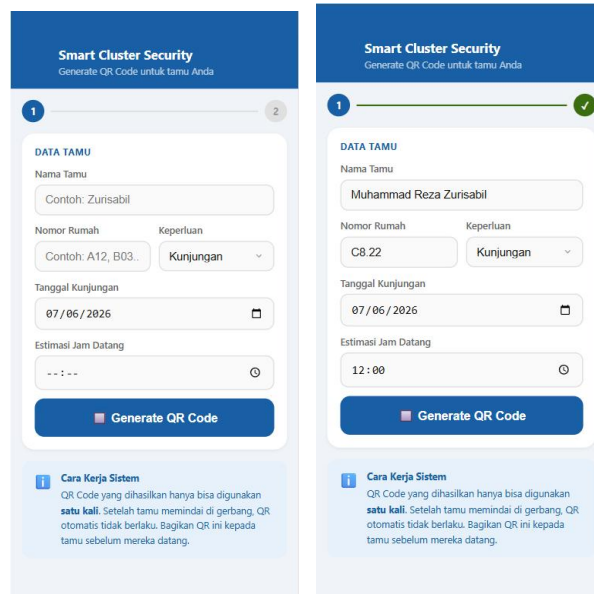
```

smart_security
├── active_scan
│   └── current_qr: "QR-5OCKDVAN" // "none" jika tidak ada QR aktif
├── logs
│   └── QR-5OCKDVAN
│       ├── result: "granted" // granted | denied_used | denied_invalid
│       └── timestamp: "2026-06-07T14:02:15Z"
└── qr_code
    └── QR-5OCKDVAN
        ├── owner: "A-12"
        ├── guest_name: "Muhammad Reza Zurisabil"
        ├── keperluan: "Kunjungan"
        ├── status: "active" // active | used
        ├── tanggal: "2026-06-07"
        ├── jam_datang: "14:00"
        └── created_at: "2026-06-07T06:51:896Z"
    
```



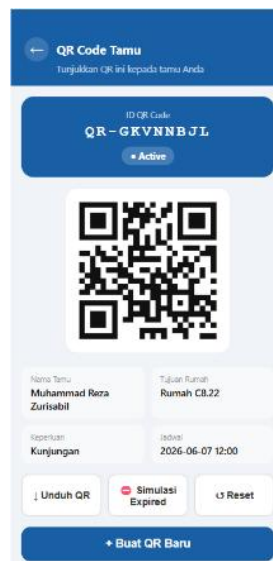
3.1.3 Antarmuka Web Generate QR Code

Antarmuka web digunakan oleh penghuni untuk membuat QR Code tamu sebelum kedatangan. Aplikasi dikembangkan menggunakan HTML, CSS, JavaScript, dan library QRCode.js.



Gambar 5: Tampilan web pengisian data tamu

Berdasarkan Gambar 5, pengguna mengisi data tamu berupa nama, nomor rumah, keperluan, tanggal kunjungan, dan estimasi jam datang. Setelah tombol *Generate QR Code* ditekan, data disimpan ke Firebase Realtime Database dan QR Code ditampilkan pada halaman berikutnya.



Gambar 6: Tampilan QR Code dengan status active

Berdasarkan Gambar 6, QR Code ditampilkan dengan ID unik dan status *Active*. Setelah QR Code berhasil digunakan, status pada Firebase berubah menjadi *used*, sedangkan antarmuka web menampilkan label *Expired/Used* melalui mekanisme polling setiap tiga detik.

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan tujuh skenario untuk memverifikasi seluruh alur kerja sistem keamanan berbasis *QR Code* sekali pakai. Skenario pengujian dirancang berdasarkan kondisi nyata yang Muhammad Reza Z : Perancangan Sistem Keamanan Perumahan... p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



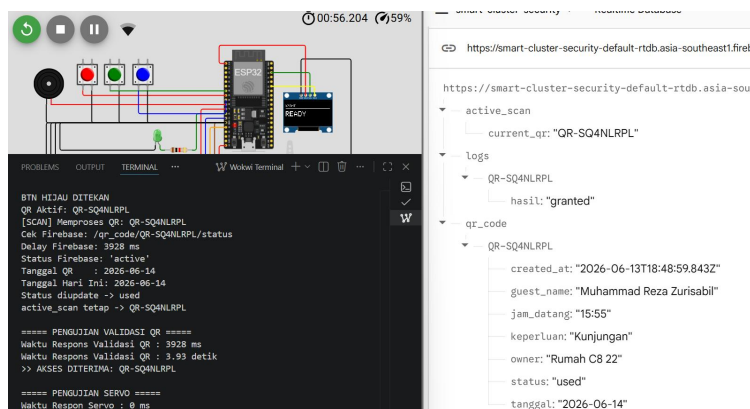
mungkin terjadi di lingkungan perumahan, meliputi kondisi *QR Code valid*, *QR Code* yang telah digunakan, *QR Code* palsu, kondisi gangguan koneksi internet, *QR Code Expired*, *QR Code* tidak terdaftar serta *Manual Override* saat offline.

TABEL III: SKENARIO PENGUJIAN SISTEM

No	Skenario	Kondisi Input	Hasil yang diharapkan
1	<i>QR Code valid</i>	<i>QR Code</i> berstatus active dipindai melalui push button hijau.	Akses diterima, servo membuka gerbang, status menjadi used.
2	<i>QR Code</i> sudah dipakai	<i>QR Code</i> berstatus used dipindai Kembali melalui push button hijau.	Akses ditolak, servo tidak bergerak.
3	<i>QR Code</i> palsu	<i>QR Code</i> palsu dipindai melalui push button merah.	Akses ditolak, servo tidak bergerak.
4	Koneksi internet terputus	WiFi diputus, saat validasi.	Sistem offline, validasi Firebase gagal.
5	<i>QR Code expired</i>	<i>QR Code</i> dengan tanggal kunjungan yang telah melewati.	Akses ditolak, servo tidak bergerak.
6	<i>QR Code</i> tidak terdaftar	<i>QR Code</i> tidak terdaftar pada database.	Akses ditolak, log denied_invalid.
7	<i>Manual Override</i> saat offline	Push button biru ditekan saat offline.	Servo membuka gerbang secara manual.

3.2.1 Skenario 1: *QR Code Valid*

Pengujian dilakukan menggunakan *QR Code* berstatus *active*. Berdasarkan Gambar 7, sistem berhasil memvalidasi *QR Code*, mengubah status menjadi *used*, mencatat log akses pada Firebase, dan membuka gerbang menggunakan servo sebagai tanda akses diterima.



Gambar 7: Output terminal wokwi pada skenario *QR Code* valid

3.2.2 Skenario 2: *QR Code* Sudah Dipakai

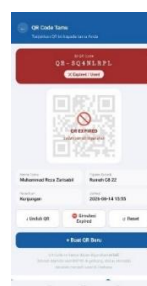
Pengujian dilakukan dengan memindai kembali *QR Code* yang sebelumnya telah digunakan sehingga statusnya berubah menjadi *used*.

```

BTN HIJAU DITEKAN
QR Aktif: QR-SQ4NLRPL
[SCAN] Memproses QR: QR-SQ4NLRPL
Cek Firebase: /qr_code/QR-SQ4NLRPL/status
Delay Firebase: 3928 ms
Status Firebase: 'active'
Tanggal QR: 2026-06-14
Tanggal Hari Ini: 2026-06-14
Status diupdate -> used
active_scan tetap -> QR-SQ4NLRPL

===== PENGUJIAN VALIDASI QR =====
Waktu Respons Validasi QR : 3928 ms
Waktu Respons Validasi QR : 3.93 detik
>> AKSES DITERIMA: QR-SQ4NLRPL

===== PENGUJIAN SERVO =====
Waktu Respons Servo : 0 ms
    
```



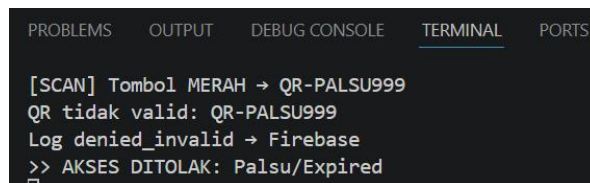
Gambar 8: Tampilan terminal wokwi dan antarmuka web setelah *QR Code* berstatus *used*



Berdasarkan Gambar 8, sistem berhasil mendeteksi status QR Code sebagai *used* sehingga akses ditolak. Log *denied_used* dicatat pada Firebase dan status QR Code pada antarmuka web berubah menjadi *Expired/Used*. Hasil ini menunjukkan bahwa mekanisme *one-time QR Code* mampu mencegah penggunaan ulang QR Code yang sama.

3.2.3 Skenario 3: QR Code Palsu

Pengujian dilakukan menggunakan QR Code palsu. Berdasarkan Gambar 9, sistem menolak akses dan mencatat log *denied_invalid* pada Firebase, sedangkan gerbang tetap dalam kondisi tertutup. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan menolak QR Code yang tidak valid



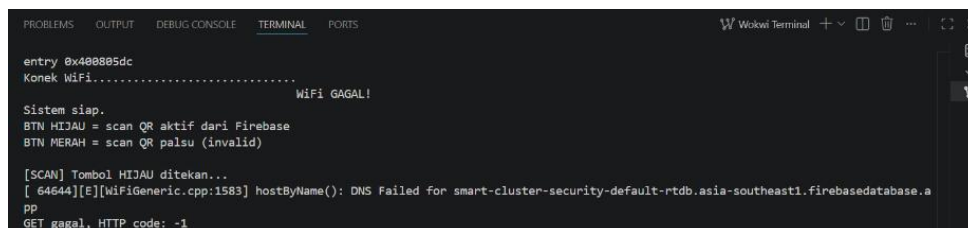
```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

[SCAN] Tombol MERAH → QR-PALSU999
QR tidak valid: QR-PALSU999
Log denied_invalid → Firebase
>> AKSES DITOLAK: Palsu/Expired
```

Gambar 9: Output terminal wokwi pada skenario QR Code palsu

3.2.4 Skenario 4: Koneksi Internet Terputus

Pengujian dilakukan dengan menggunakan SSID WiFi yang tidak valid sehingga ESP32 gagal terhubung ke internet. Berdasarkan Gambar 10, sistem tidak dapat mengakses Firebase dan proses validasi QR Code tidak dilakukan. Dalam kondisi tersebut, tidak terjadi perubahan data pada Firebase dan akses otomatis tidak diberikan. Untuk menjaga operasional gerbang, fitur *manual override* tetap dapat digunakan sehingga servo membuka gerbang secara manual meskipun koneksi internet tidak tersedia. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi pada kondisi gangguan jaringan melalui mekanisme *manual override*.



```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

entry 0x408085dc
Konek WiFi..... WiFi GAGAL!

Sistem siap.
BTN HIJAU = scan QR aktif dari Firebase
BTN MERAH = scan QR palsu (invalid)

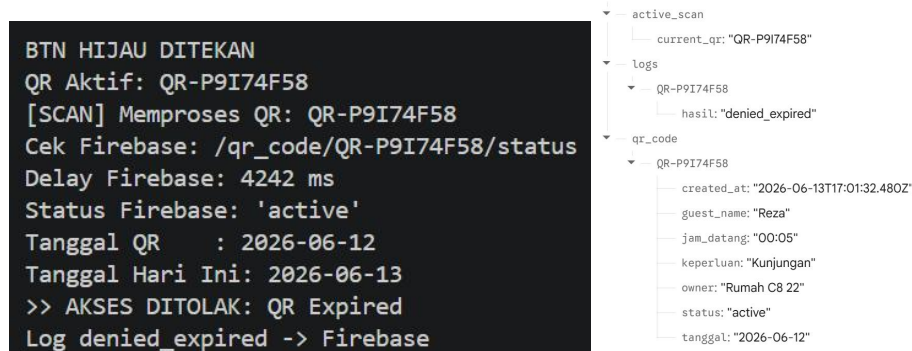
[SCAN] Tombol HIJAU ditekan...
[ 64644][E][WiFiGeneric.cpp:1583] hostByName(): DNS Failed for smart-cluster-security-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com
pp
GET gagal, HTTP code: -1
```

Gambar 10: Output terminal wokwi pada skenario koneksi internet terputus

3.2.5 Skenario 5: QR Code Expired

Pengujian dilakukan menggunakan QR Code dengan tanggal kunjungan yang telah terlewat, sementara status pada Firebase masih bernilai *active*. Berdasarkan Gambar 11, sistem berhasil mendeteksi bahwa tanggal QR Code telah melewati batas berlaku sehingga akses ditolak dan hasil *denied_expired* dicatat pada Firebase. Status QR Code tetap *active* karena tidak pernah digunakan untuk memperoleh akses. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mencegah penggunaan QR Code yang telah melewati masa berlaku.

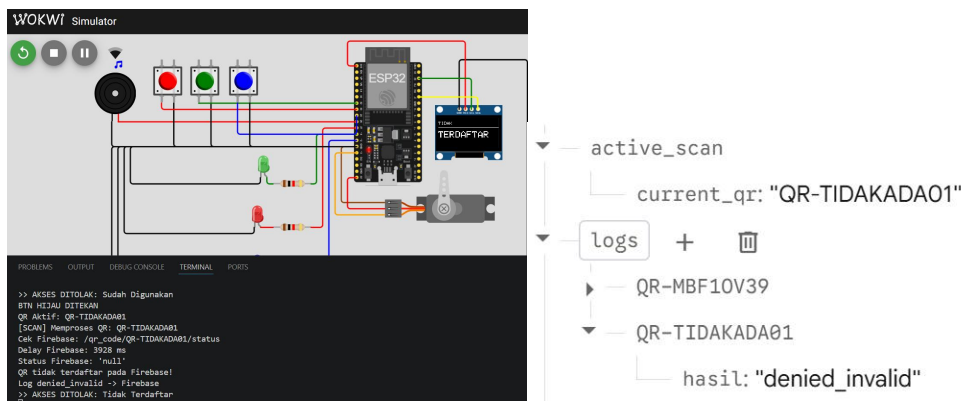




Gambar 11: Output terminal wokwi dan Firebase pada skenario QR Code Expired

3.2.6 Skenario 6: QR Code Tidak Terdaftar

Pengujian dilakukan menggunakan ID QR Code yang tidak terdapat pada node `/qr_code` di Firebase. Berdasarkan Gambar 12, sistem mendeteksi bahwa data QR Code tidak ditemukan sehingga akses ditolak dan hasil `denied_invalid` dicatat pada Firebase. OLED menampilkan informasi bahwa QR Code tidak terdaftar dan gerbang tetap berada dalam kondisi tertutup. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangani QR Code yang tidak terdaftar tanpa menyebabkan kesalahan proses

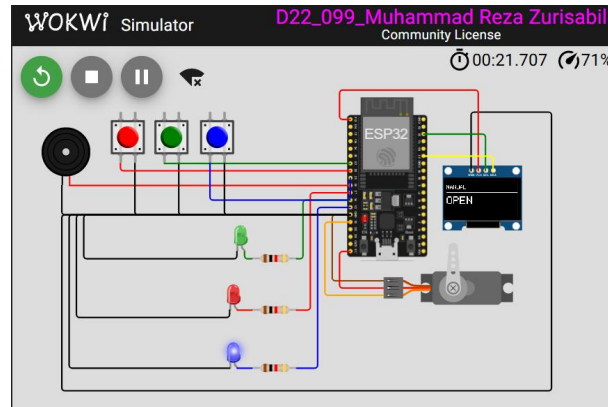


Gambar 12: Output terminal wokwi dan firebase pada skenario QR Code tidak terdaftar

3.2.7 Skenario 7: Manual Override saat Offline

Pengujian skenario ketujuh merupakan kelanjutan dari skenario koneksi internet terputus pada 3.2.4, dengan fokus pada penggunaan fitur manual override oleh petugas keamanan. Pengujian dilakukan dengan menekan push button *manual override* saat koneksi internet terputus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo tetap dapat membuka gerbang dan OLED menampilkan pesan *"Manual Override Aktif"*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi meskipun validasi melalui Firebase tidak tersedia.





Gambar 13: Manual Override Aktif

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem keamanan perumahan berbasis QR Code sekali pakai menggunakan ESP32 dan Firebase Realtime Database mampu menjalankan seluruh fungsi yang dirancang. Rekapitulasi hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel IV, sedangkan data kuantitatif hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL IV: REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN SISTEM

No	Skenario	Output Terminal Wokwi	Output Perangkat	Firebase
1	QR valid	Akses diterima	OLED "DITERIMA", LED hijau, servo buka 90°, buzzer 1x.	Status active → used, log tersimpan.
2	QR sudah dipakai	Akses ditolak	OLED "DITOLAK", LED merah, buzzer 3x.	Log denied_used tersimpan.
3	QR palsu	Akses ditolak	OLED "DITOLAK", LED merah, buzzer 3x.	Log denied_invalid tersimpan.
4	Wi-Fi Terputus	Wi-Fi gagal	Sistem masuk mode manual.	Tidak ada sinkronisasi <i>Firebase</i> .
5	QR Code Expired	Akses ditolak	OLED "Expired", LED merah, buzzer 3x.	Log denied_expired tersimpan.
6	QR Code tidak terdaftar	Akses ditolak	OLED "Tidak Terdaftar", LED merah, buzzer 3x.	Log denied_not_found tersimpan.
7	Manual override (Offline)	Tombol manual ditekan	Servo buka 90°, OLED "Manual Override"	Disinkronkan saat online

TABEL V: Data hasil pengujian system (rata-rata 5 kali pengujian per skenario)

Parameter	QR Valid	QR Used	QR Expired	QR Tidak Terdaftar	QR Palsu	Manual Override
Waktu validasi QR Code (s)	4.00	4.20	4.20	4.02	4.00	-
Waktu respons servo (ms)	2334	-	-	-	-	2333
Delay komunikasi Firebase (ms)	3994	4206	4196	4025	3995	-
Tingkat keberhasilan autentikasi (%)	100	100	100	100	100	100

Mekanisme *one-time QR Code* berhasil mencegah penggunaan ulang QR Code melalui perubahan status dari *active* menjadi *used* setelah proses autentikasi berhasil. Firebase Realtime Database mendukung proses validasi dan pencatatan log akses secara terpusat, sementara antarmuka web menampilkan perubahan status QR Code secara real-time melalui mekanisme polling. Fitur *manual override* memungkinkan gerbang tetap dapat dioperasikan ketika koneksi internet tidak tersedia sehingga meningkatkan ketersediaan layanan akses. Pengujian simulasi juga menunjukkan integrasi yang baik antara ESP32, Firebase, servo, OLED, LED, dan buzzer dalam menjalankan proses autentikasi dan kontrol gerbang.



Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Nashrulloh dan Mubin [5] yang menunjukkan bahwa QR Code dinamis dapat meningkatkan keamanan akses karena memiliki masa berlaku terbatas dan tidak dapat digunakan berulang. Dibandingkan sistem akses berbasis RFID yang digunakan oleh Pratama dan Nada [3], pendekatan QR Code sekali pakai berpotensi mengurangi risiko penyalahgunaan media akses karena status QR Code akan berubah setelah digunakan. Penelitian ini masih berada pada tahap simulasi menggunakan Wokwi sehingga implementasi pada perangkat keras fisik dan lingkungan perumahan nyata diperlukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara lebih komprehensif.

3.4 Analisis Keamanan Data

Sistem memanfaatkan autentikasi berbasis QR Code dan Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data. Penggunaan QR Code sekali pakai (*one-time QR Code*) mengurangi risiko penggunaan ulang kode yang sama. Status QR Code berubah dari *active* menjadi *used* setelah proses autentikasi berhasil, sehingga salinan QR Code tidak dapat digunakan kembali. Risiko duplikasi tetap dapat terjadi apabila dua salinan QR Code dipindai pada waktu yang hampir bersamaan. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan *race condition* dan memerlukan mekanisme pengendalian tambahan pada proses pembaruan status.

Firebase Realtime Database menyimpan data tamu, status QR Code, dan log akses sistem. Konfigurasi keamanan yang tidak tepat dapat membuka peluang akses tidak sah terhadap database. Pihak yang mengetahui URL database berpotensi membaca, mengubah, atau menghapus data tanpa izin. Risiko serupa muncul apabila URL Firebase atau kredensial sistem tersimpan pada kode sumber yang dipublikasikan secara terbuka.

Penerapan Firebase Security Rules diperlukan untuk meningkatkan keamanan sistem. Aturan tersebut membatasi akses baca dan tulis hanya kepada pengguna atau perangkat yang terautentikasi. Validasi struktur data membantu memastikan nilai status QR Code hanya bernilai *active* atau *used*. Penyimpanan kredensial pada berkas konfigurasi terpisah mengurangi kemungkinan informasi penting terekspos kepada pihak yang tidak berwenang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi, sistem keamanan perumahan menggunakan QR Code sekali pakai berbasis ESP32 dan Firebase Realtime Database berhasil dirancang untuk mendukung autentikasi akses penghuni dan tamu. Sistem mampu melakukan validasi QR Code secara real-time, mengubah status QR Code menjadi *used* setelah digunakan, serta menolak QR Code yang tidak valid maupun yang telah digunakan sebelumnya. Integrasi Firebase memungkinkan proses verifikasi akses dan pengelolaan data kunjungan dilakukan secara terpusat.

Hasil simulasi menggunakan Wokwi menunjukkan bahwa sistem dapat menjalankan fungsi autentikasi, pengendalian servo gerbang, indikator LED, buzzer, dan tampilan OLED sesuai dengan skenario pengujian yang dirancang. Fitur *manual override* memungkinkan gerbang tetap dapat dioperasikan ketika koneksi internet tidak tersedia.

Penelitian ini masih berada pada tahap perancangan dan simulasi sehingga hasil yang diperoleh belum dapat dijadikan bukti final peningkatan keamanan pada kondisi nyata. Implementasi dan pengujian pada perangkat keras fisik di lingkungan perumahan sesungguhnya diperlukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara lebih komprehensif, termasuk pengukuran waktu validasi QR Code, waktu respons servo, dan delay komunikasi Firebase pada kondisi operasional sebenarnya. Pengembangan selanjutnya juga dapat mencakup penerapan Firebase Security Rules, penambahan mekanisme otorisasi pada fitur *manual override*, serta integrasi notifikasi otomatis kepada penghuni.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Nurraihan and M. Ferdiansyah, "Sistem Keamanan Perumahan Pada Perumahan Merapi Indah Berbasis Web dan Internet of Thing (IoT)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Komputer dan sains*, Nov. 2023, pp. 618–622. Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: Nurraihan, F., & Ferdiansyah, M. (2023, November). Sistem Keamanan Perumahan Pada
- p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



- Perumahan Merapi Indah Berbasis Web Dan Internet Of Thing (IoT). In Prosiding Seminar Nasional Teknologi Komputer dan Sains (Vol. 1, No. 1, pp. 618-622).
- [2] F. Gozali and Y. I. Basori, "SISTEM KEAMANAN LINGKUNGAN PERUMAHAN BER," *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, 2016.
 - [3] R. Aditya Pratama and N. Qotrun Nada, "Pengembangan Sistem Palang Pintu Perumahan Berbasis RFID untuk Meningkatkan Keamanan Lingkungan," *Seminar Nasional Informatika-FTI UPGRIS*, vol. 2, 2024.
 - [4] R. Robiyanto, W. P. Putra, R. Raswa, A. M. Yusuf, and P. N. Indramayu, "PENERAPAN SISTEM BARRIER GATE BERBASIS IoT DENGAN AKSES E-KTP UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN PERUMAHAN," vol. 6, no. 1, p. 2026, 2026.
 - [5] A. Salam and S. Bagas Bhaskoro, "Sistem Keamanan Cerdas pada Kunci Pintu Otomatis menggunakan Kode QR," *CYBERNETICS*, vol. 5, no. 01, pp. 1–11, 2021.
 - [6] A. Taufiq, N.; Mohammad, and N. Mubin, "IMPLEMENTASI QR CODE SEBAGAI AUTENTIKASI PEMBUKA BRANKAS DENGAN RASPBERRY PI," 2025.
 - [7] R. B. S. Bayu, R. P. Astutik, and D. Irawan, "RANCANG BANGUN SMARTHOME BERBASIS QR CODE DENGAN MIKROKONTROLLER MODULE ESP32," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 2, no. 01, pp. 47–60, Apr. 2021, doi: 10.31328/jasee.v2i01.60.
 - [8] A. Basit, A. Sya'bani Putra, G. A. Revira, R. N. Widia, and P. Harapan Bersama, "Smart Door Lock Berbasis QR Code," vol. 11, no. 1, 2022.
 - [9] A. Koushal, R. Gupta, F. Jan, K. Kamaldeep, and V. Kumar, "Home automation system using ESP32 and firebase," in *2022 Seventh International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, IEEE, Nov. 2022, pp. 228–231.
 - [10] F. Za'bah and A. Mohamad, "A MOBILE APPLICATION MONITORING SYSTEM USING INTERNET OF THINGS (IOT) AND FIREBASE," 2021.
 - [11] S. Rezky Al Kahfi, M. Yuwono Tharam, W. Yuniarto, J. Elektro, and P. Negeri Pontianak, "RANCANG BANGUN SISTEM GATE BARRIER MENGGUNAKAN QUICK RESPONSE CODE (QR CODE) DAN MIKROKONTROLER ESP32," 2025, doi: 10.58466/entries.

