

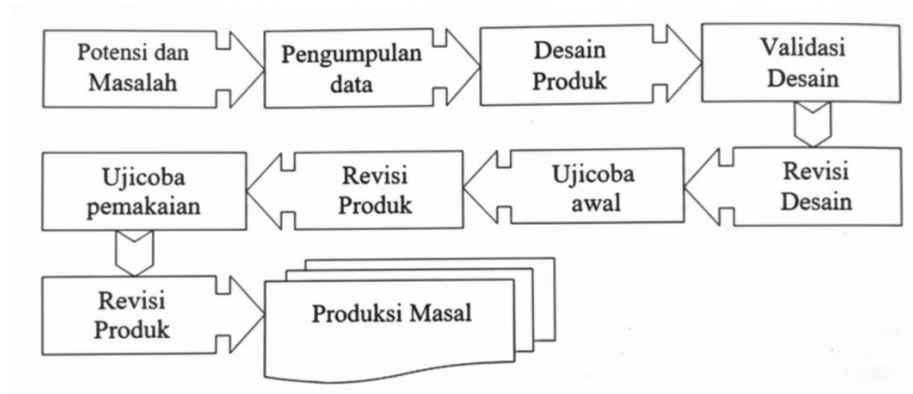
BAB III METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

A. Metode Penelitian & Pengembangan

Metode penelitian dan pengembangan *Research and Development (R&D)*, adalah metode yang digunakan untuk menciptakan produk tertentu sekaligus menguji efektivitasnya. Proses ini mencakup penelitian untuk menganalisis kebutuhan dalam menghasilkan produk serta pengujian untuk memastikan produk tersebut dapat berfungsi secara optimal di masyarakat. Dengan demikian, penelitian ini bersifat bertahap atau longitudinal, yang sering kali memerlukan waktu beberapa tahun.

Sebagai contoh, penelitian Hibah Bersaing yang didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi menggunakan metode ini karena hasil akhirnya berupa produk. Metode R&D telah banyak diterapkan di berbagai bidang ilmu, terutama Ilmu Alam dan Teknik. Hampir semua produk teknologi seperti alat elektronik, kendaraan bermotor, pesawat terbang, kapal laut, senjata, obat-obatan, alat medis, bangunan bertingkat, hingga peralatan rumah tangga modern dikembangkan melalui pendekatan penelitian dan pengembangan (Sugiyono, 2020, p. 297).

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengembangkan sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis Internet of Things (IoT) dengan sistem perizinan melalui chatbot Telegram. Sistem ini dimaksudkan untuk menggantikan kontrol akses manual yang masih mengandalkan kunci fisik atau remote, serta menyediakan kontrol akses yang lebih efisien, aman, dan terdokumentasi. Prosedur penggunaan metodologi penelitian dan pengembangan (R&D) dalam penelitian ini dapat diringkas menjadi tiga pendekatan utama.



Gambar 3.1 Langkah-langkah Penggunaan Metode Research and Development

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) berdasarkan model pengembangan Sugiyono. Dari sepuluh langkah yang diusulkan, penelitian ini diterapkan ke dalam tiga metode:

1. Metode Deskriptif

Mencakup langkah 1 dan 2:

- (1) Langkah 1 Pengumpulan data dan studi literatur terkait sistem keamanan digital berbasis IoT, meliputi penggunaan ESP32, motor DC gearbox dengan driver, limit switch, sensor ultrasonik, Node.js server, database MySQL, dashboard web, serta integrasi Telegram Chatbot untuk perizinan akses.
- (2) Langkah 2 Perencanaan awal sistem, mencakup perancangan alur kerja sistem keamanan gerbang hunian, penentuan spesifikasi perangkat keras, serta pengaturan fungsi notifikasi real-time dan jadwal operasional berbasis NTP.

2. Metode Evaluatif

Mencakup langkah 3 hingga 8:

- (3) Langkah 3 Perancangan prototipe sistem, dimulai dari konfigurasi ESP32, motor DC gearbox, limit switch, hingga integrasi dengan bot Telegram dan server.
- (4) Langkah 4 Uji coba awal fungsi komponen, termasuk verifikasi PIN, kendali buka-tutup gerbang, dan pencatatan aktivitas pada database.
- (5) Langkah 5 Perbaikan sistem berdasarkan hasil uji awal, seperti peningkatan kestabilan koneksi jaringan, optimalisasi respons sistem, serta penyempurnaan proses verifikasi PIN dan notifikasi real-time.
- (6) Langkah 6 Pengujian lanjutan dalam skala lebih luas dengan skenario nyata (penghuni dan admin) untuk menilai kecepatan respons dan keandalan sistem.
- (7) Langkah 7 Optimalisasi kinerja, mencakup kecepatan notifikasi, logging aktivitas, dan tampilan dashboard web.
- (8) Langkah 8 Simulasi penerapan sistem di lingkungan hunian seperti rumah kost, perumahan, atau perusahaan untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna.

3. Metode Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk menguji fungsi dan keandalan sistem yang telah dikembangkan. Mencakup Langkah 9 hingga 10:

- (9) Langkah 9 Revisi akhir prototipe berdasarkan hasil pengujian lapangan, termasuk evaluasi performa sistem dalam memberikan keputusan akses yang tepat berdasarkan input pengguna dan data sensor.
- (10) Langkah 10 Evaluasi akhir sistem dalam kondisi nyata untuk menilai efektivitas, efisiensi, dan keandalan sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis IoT dengan mekanisme perizinan melalui Telegram.

B. Model/Metode yang diusulkan

Dalam pengembangan sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis Internet of Things (IoT) ini, penelitian menggunakan pendekatan yang mencakup tiga aspek penting: model teoritis sebagai dasar ilmiah, model konseptual yang menggambarkan rancangan sistem, serta model prosedural yang menjelaskan langkah teknis pembangunan sistem. Ketiganya saling melengkapi untuk menghasilkan sistem yang fungsional dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1. Model Teoritis

Model teoritis pada penelitian ini menjelaskan bagaimana konsep kerja Internet of Things (IoT) diterapkan dalam sistem keamanan digital gerbang hunian yang mengelola akses secara otomatis. Penerapan IoT dalam penelitian ini diimplementasikan berdasarkan arsitektur lima lapisan sebagai berikut:

(1) Perception Layer

Lapisan akuisisi data yang menangkap kondisi fisik gerbang menggunakan limit switch sebagai sensor penentu status terbuka atau tertutup.

(2) Network Layer

Lapisan menghubungkan ESP32 dengan server melalui Wi-Fi sehingga data dari sensor dapat dikirim dan diperbarui secara real-time.

(3) Transport Layer

Lapisan bertanggung jawab meneruskan data dan perintah antara perangkat dan server secara cepat dan stabil melalui protokol komunikasi yang digunakan sistem.

(4) Middleware Layer

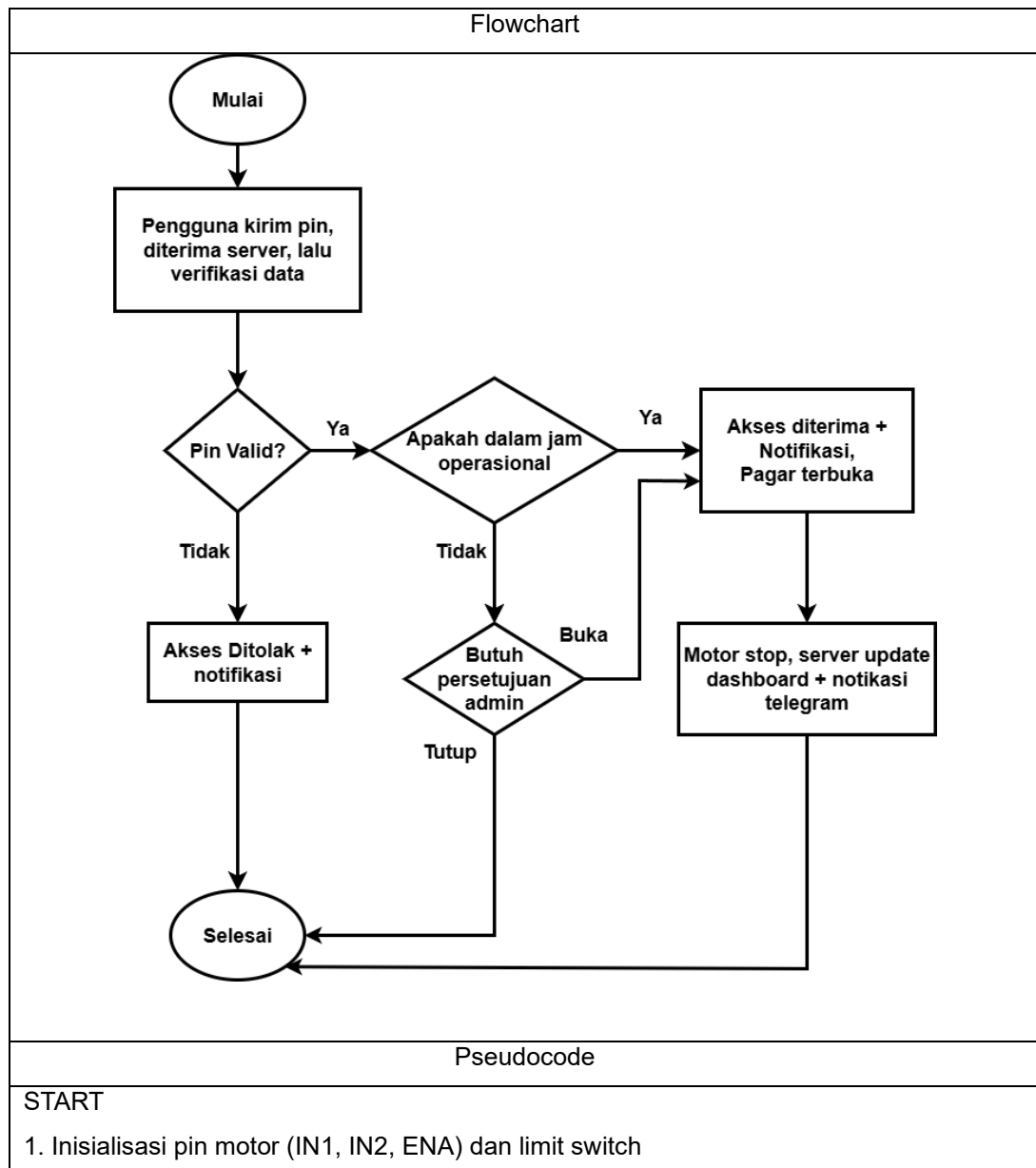
Mengelola proses autentikasi pengguna, pengendalian aktuator, serta pencatatan data ke dalam database, sekaligus menjadi penghubung komunikasi antara perangkat, dashboard web, dan Telegram Bot.

(5) Business Layer

Mengelola proses autentikasi pengguna, pengendalian aktuator, serta pencatatan data ke dalam database, sekaligus menjadi penghubung komunikasi antara perangkat, dashboard web, dan Telegram Bot.

1) Flowchart & Pseudocode

Tabel 3.1 Flowchart & Pseudocode



2. Hubungkan ESP32 ke WiFi
3. Sinkronisasi waktu (NTP)
4. Hubungkan ke server Node.js via Socket.IO
5. Daftar sebagai client "ESP" di server

LOOP:

- Kirim heartbeat ke server setiap 5 detik
- Kirim status pagar (TERBUKA / TERTUTUP / MEMBUKA / MENUTUP) jika berubah
- Jika menerima perintah "cmd_open":
 - set logicPintu = OPEN, mulai hitung durasi
- Jika menerima perintah "cmd_close":
 - set logicPintu = CLOSE, mulai hitung durasi
- Jika logicPintu = OPEN:
 - nyalakan motor ke arah buka
 - berhenti jika limit switch terbuka aktif atau waktu habis
 - laporkan status "TERBUKA"
- Jika logicPintu = CLOSE:
 - nyalakan motor ke arah tutup
 - berhenti jika limit switch tertutup aktif atau waktu habis
 - laporkan status "TERTUTUP"
- Jika WiFi terputus, lakukan reconnect otomatis

END LOOP

Dari Tabel 3.1 Berikut menjelaskan bahwa alur kerja Flowchart dan juga logika algoritma.

2. Model Konseptual

Model konseptual pada penelitian ini disusun berdasarkan tiga visi IoT menurut Yudhanto (2019) agar selaras dengan landasan teori yang telah dipaparkan pada BAB II. Model ini menggambarkan bagaimana hubungan setiap komponen sistem bekerja secara sinergis dalam tiga lapisan.

a. Komponen Sistem

1) Thing-Oriented Vision

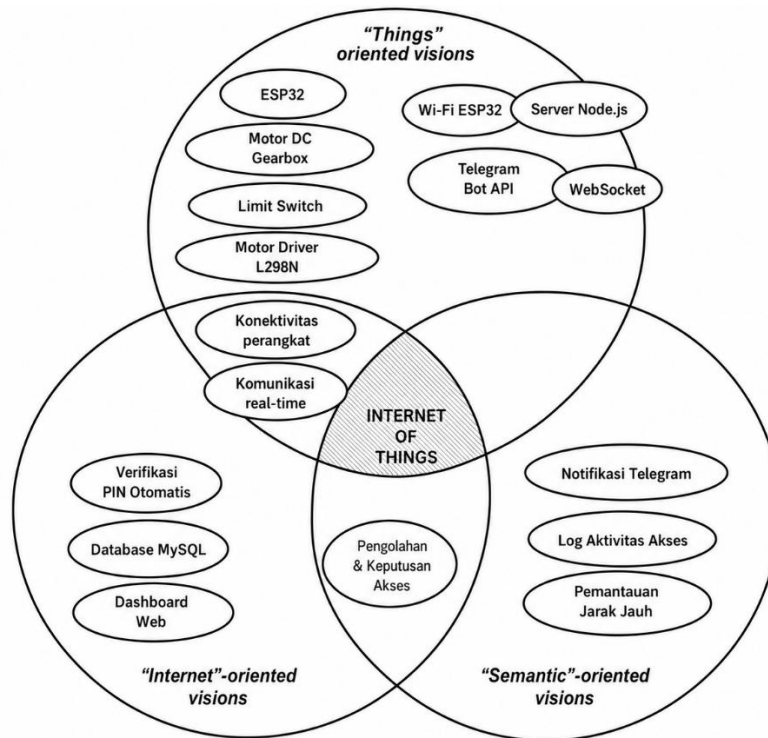
Lapisan pertama yang berfokus pada keseluruhan perangkat fisik sebagai entitas utama dalam sistem. Dalam penelitian ini, lapisan tersebut direpresentasikan oleh ESP32 sebagai pusat kendali utama yang memproses seluruh logika sistem, motor DC gearbox sebagai aktuator penggerak gerbang secara mekanis, motor driver L298N sebagai pengendali arus motor, serta limit switch sebagai sensor pendeteksi posisi gerbang pada kondisi terbuka penuh maupun tertutup penuh. Seluruh perangkat tersebut saling terhubung dan bekerja secara otomatis dalam menjalankan sistem kontrol gerbang berbasis Internet of Things.

2) Internet-Oriented Vision

Lapisan kedua yang menekankan konektivitas antar perangkat melalui jaringan internet sehingga memungkinkan proses komunikasi data secara real-time. Lapisan ini diwujudkan melalui penggunaan modul Wi-Fi pada ESP32 sebagai media koneksi internet, server Node.js sebagai pusat pengelolaan komunikasi sistem, protokol WebSocket untuk mendukung komunikasi dua arah secara real-time, serta Telegram Bot API sebagai media interaksi antara sistem dan pengguna. Melalui koneksi internet tersebut, sistem mampu mengirim dan menerima data status gerbang secara langsung sehingga proses monitoring dan kontrol akses dapat dilakukan secara jarak jauh.

3) Semantic-Oriented Vision

Lapisan ketiga yang berfokus pada pengolahan dan pemaknaan data sehingga menghasilkan informasi yang berguna bagi pengambilan keputusan. Dalam penelitian ini, lapisan tersebut diwujudkan melalui mekanisme verifikasi PIN akses pengguna, pencatatan log aktivitas akses ke dalam database MySQL, monitoring kondisi gerbang melalui dashboard web, serta pengiriman notifikasi Telegram kepada pengguna secara real-time setiap terjadi perubahan status akses gerbang. Keseluruhan model konseptual ini divisualisasikan pada Gambar 3.2 berikut:



Sumber: Diadaptasi dari Yudhanto (2019), disesuaikan dengan implementasi penelitian

Gambar 3.2 komponen Sistem

b. Deskripsi Sistem

Sistem otomatisasi ini memungkinkan penghuni melakukan proses pembukaan dan penutupan gerbang secara digital melalui Telegram Bot dengan verifikasi PIN, serta tetap aman karena pembacaan posisi gerbang dikontrol oleh limit switch. Status gerbang dan seluruh aktivitas akses dapat dipantau melalui dashboard web secara real-time, sehingga pengelola dapat melakukan kontrol keamanan dengan lebih efektif. Sistem ini dirancang agar dapat diterapkan pada rumah kost, hunian, ataupun area properti lain yang membutuhkan efisiensi dan keamanan akses.

3. Model Procedural

Model procedural dalam penelitian ini menggunakan pendekatan Prototyping, di mana sistem dikembangkan melalui tahap berulang untuk memastikan fungsionalitas sesuai kebutuhan pengguna. Setiap tahap dilakukan berbasis hasil implementasi pada sistem yang dibuat, sehingga perbaikan dapat

dilakukan secara langsung berdasarkan umpan balik yang diterima. Alur proses pengembangan ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Langkah-langkah Model Procedural

Langkah-langkah tersebut merupakan uraian masing-masing tahap yang dilakukan dalam metode pengembangan prototyping:

a. Validasi Kebutuhan

Tahap ini dilakukan dengan menganalisis proses akses gerbang yang masih manual dan berisiko disalahgunakan. Ditetapkan kebutuhan sistem yang mampu melakukan verifikasi identitas penghuni melalui PIN di Telegram Bot, memberikan pembatasan waktu akses otomatis, serta mencatat log aktivitas secara digital agar keamanan dan efisiensi meningkat.

b. Pengembangan Prototype Awal

Prototype awal dibuat menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, motor DC dan driver sebagai aktuator pembuka–penutup gerbang, serta limit switch sebagai pendeteksi posisi gerbang. Sistem dihubungkan dengan server Node.js untuk pencatatan aktivitas dan Telegram Bot sebagai media perizinan akses.

c. Uji Coba oleh Pengguna & Pengumpulan Umpan Balik

Pengguna menguji prototype dengan mencoba proses buka/tutup gerbang melalui Telegram. Umpan balik dikumpulkan terkait fungsionalitas sistem, kecepatan respon, kemudahan penggunaan, serta kejelasan notifikasi dan data log yang ditampilkan.

d. Evaluasi & Perbaikan Prototype

Perbaikan dilakukan berdasarkan kendala yang ditemukan, seperti kestabilan jaringan Wi-Fi, delay eksekusi motor, dan penyesuaian logika verifikasi. Optimalisasi dilakukan pada komunikasi perangkat, sistem notifikasi, serta pencatatan aktivitas ke database.

e. Validasi Prototype Akhir

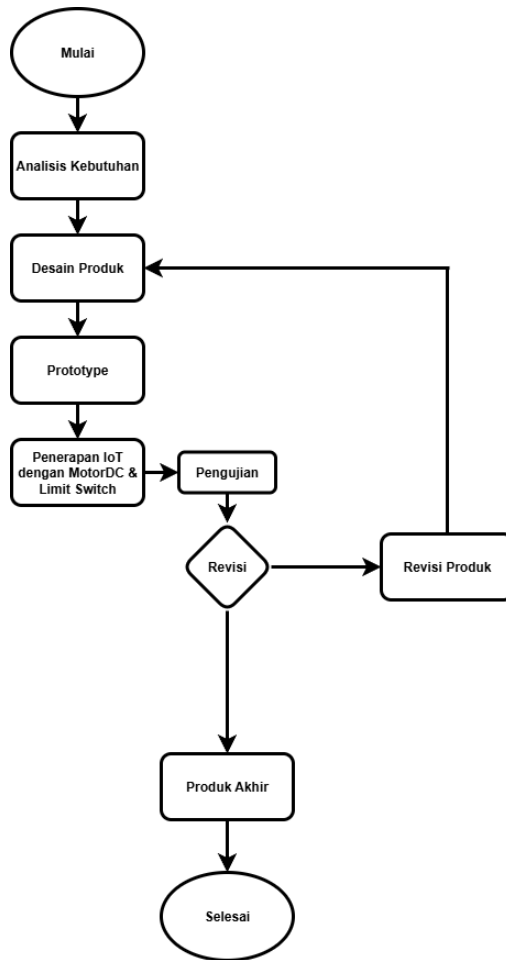
Sistem divalidasi ulang menggunakan skenario penggunaan nyata untuk memastikan seluruh fitur berfungsi sesuai kebutuhan, antara lain kendali otomatis, pembatasan waktu operasional, dan notifikasi status sistem secara real-time.

f. Implementasi Penuh

Setelah sistem dinyatakan valid, prototype diterapkan sebagai sistem akses gerbang terintegrasi IoT yang dapat digunakan pada lingkungan hunian atau rumah kost. Sistem telah mendukung pemantauan dan kontrol jarak jauh serta pengelolaan data akses yang lebih aman dan efisien.

C. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan sistem ini disusun untuk menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan mulai dari analisis kebutuhan hingga menghasilkan produk akhir yang siap digunakan.



Gambar 3.4 Prosedur Pengembangan

Alur prosedur pengembangan ini divisualisasikan pada Gambar 3.4 berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan untuk mengidentifikasi masalah pada sistem akses gerbang yang masih manual. Data diperoleh melalui studi literatur, observasi lapangan, dan diskusi dengan calon pengguna. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk merancang sistem otomatis berbasis IoT dengan fitur izin akses digital, notifikasi real-time, dan pencatatan aktivitas.

2. Desain Produk

Perancangan sistem mencakup pemilihan komponen utama (ESP32, driver motor L298N, motor DC gearbox, dan limit switch), serta perancangan komunikasi

melalui Telegram Bot API dan integrasi database MySQL yang dapat diakses lewat dashboard web.

3. Pembuatan Prototype

Tahap ini merupakan implementasi awal rancangan sistem ke dalam bentuk prototype. Prototype awal dibuat dengan merakit perangkat keras (ESP32, motor DC, limit switch, dan driver motor), serta mengembangkan perangkat lunak berupa logika kontrol, koneksi WiFi, integrasi Telegram, dan pencatatan log ke database. Prototype ini berfungsi untuk menguji kesesuaian rancangan dengan kebutuhan sistem.

4. Penerapan IoT

Seluruh komponen diintegrasikan ke dalam satu sistem utuh. ESP32 memproses input dari Telegram dan database, lalu mengendalikan motor DC melalui driver L298N sesuai kondisi limit switch. Pada tahap ini juga dilakukan pengaturan jadwal akses berbasis NTP, notifikasi real-time melalui Telegram, serta pencatatan aktivitas ke database.

5. Pengujian

Prototype diuji untuk menilai kinerja sistem dengan melibatkan pengguna, seperti penghuni kost maupun pengawas. Pengujian dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing, System Usability Scale (SUS), dan uji akurasi untuk memastikan keandalan motor, kecepatan respon limit switch, serta kejelasan notifikasi pada Telegram.

6. Revisi

Jika pada tahap pengujian ditemukan kendala, maka dilakukan revisi baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak. Revisi dapat berupa penyempurnaan logika program, perbaikan koneksi, atau penyesuaian mekanis pada pemasangan motor dan limit switch. Sistem kemudian diuji ulang hingga fungsionalitas berjalan optimal.

7. Produk Akhir

Produk akhir berupa sistem pagar otomatis berbasis IoT dengan motor DC, limit switch, dan integrasi Telegram bot serta database. Sistem ini siap digunakan secara penuh, serta diharapkan mampu membantu pengguna mengelola akses pagar dengan lebih efisien, aman, dan praktis.

D. Uji Coba Produk/Percobaan

Menurut Widada & Dr. Dewi Herawaty, n.d. (2022) pada halaman 231 Pengujian produk adalah aspek yang sangat krusial dalam proses penelitian dan pengembangan, yang dilaksanakan setelah desain produk dirampungkan, Tujuan dari Pengujian Produk adalah untuk menilai apakah produk yang telah dibuat dapat digunakan dengan baik atau tidak, dilihat dari sejauh mana produk tersebut sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam menyelesaikan masalah pembelajaran. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana produk yang telah dibuat dapat memenuhi target dan tujuan yang diinginkan.

1. Desain Uji Coba

Dalam penelitian sistem keamanan digital gerbang digital berbasis *Internet of Things*, terdapat dua tahap pengujian, yaitu:

a. Uji Coba Ahli Sistem

Dilakukan oleh dosen/ahli di bidang sistem untuk mengevaluasi rancangan perangkat keras dan perangkat lunak, apakah sesuai dengan desain serta mampu mendeteksi kondisi pagar dengan akurat dan mengendalikan actuator.

b. Uji Coba Pengguna

Dilakukan untuk melihat interaksi pengguna dengan sistem, menilai apakah sistem sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna, khususnya dalam proses verifikasi akses, pembukaan/pentupan pagar otomatis, kecepatan respon, serta kejelasan notifikasi pada Telegram.

2. Subjek Uji Coba

Subjek uji coba dalam penelitian ini berjumlah 30 orang yang terdiri dari 24 penghuni rumah pribadi di Perumahan Graha Arradea Tahap 3 Blok C, Ciherang, Dramaga, Kabupaten Bogor, 6 penghuni rumah kost di Jalan Kampung Kebon Kelapa RT 6/RW 4, Sukaraja, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16710, serta 2 dosen dari Universitas Binaniaga Indonesia yang berperan sebagai penguji ahli sistem. Seluruh subjek dipilih untuk mewakili pengguna aktual dan pihak yang memiliki kompetensi dalam menilai aspek fungsionalitas, keandalan, serta kemudahan penggunaan sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis IoT yang dikembangkan.

3. Jenis Data

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis data, yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Menurut Sugiyono (2013: 7–8), “Metode kuantitatif berlandaskan filsafat positivisme, bersifat konkret/empiris, objektif, terukur, rasional, dan sistematis, sedangkan metode kualitatif berlandaskan filsafat postpositivisme, bersifat holistik, kompleks, dinamis, penuh makna, serta hubungan gejala bersifat interaktif.” Data kuantitatif diukur dalam bentuk angka yang dapat dianalisis secara statistik, sedangkan data kualitatif berupa deskripsi verbal yang menggambarkan kondisi atau fenomena selama uji coba.

1. Data Kuantitatif

1) Data Hasil Pengujian Fungsional

Skor keberhasilan pengujian Blackbox berupa data biner (Ya/Tidak) dari setiap skenario, misalnya pembacaan limit switch, validasi PIN, serta eksekusi buka/tutup motor. Data ini dihitung menjadi persentase tingkat keberhasilan sistem.

2) Data Kinerja Sistem

- a. Waktu proses buka/tutup gerbang.
- b. Waktu pengiriman notifikasi dari ESP32 ke Telegram.
- c. Jumlah percobaan akses dengan PIN melalui Telegram Bot.
- d. Akurasi sinkronisasi waktu sistem dengan NTP.

3) Data Kebergunaan Sistem

Skor kuesioner pengguna dengan Skala SUS (System Usability Scale) atau Guttman, berupa nilai numerik yang menggambarkan kemudahan dan kepuasan pengguna terhadap sistem.

2. Data Kualitatif

Data kualitatif dalam penelitian ini diperoleh dari umpan balik pengguna berupa pendapat dan masukan penghuni rumah kost maupun perumahan terkait pengalaman menggunakan sistem berbasis Telegram Bot, respon pengguna terhadap notifikasi real-time seperti rasa aman atau kepraktisan yang dirasakan, serta kondisi lapangan selama uji coba yang meliputi kestabilan koneksi WiFi, respon motor DC, dan kemudahan akses sistem di lokasi penelitian.

4. Instrumen pengumpulan data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari satu jenis yang disesuaikan dengan peran serta posisi responden dalam proses pengembangan. Dirancang untuk mengumpulkan masukan atau saran dari pengguna maupun ahli yang terlibat.

(a) Instrumen untuk Penguji Ahli Sistem

Penelitian ini menggunakan instrumen berupa pertanyaan yang dirancang untuk pengujian yang dilakukan oleh Penguji Ahli Sistem. Tujuan instrumen ini adalah untuk mengevaluasi apakah sistem telah berfungsi sesuai harapan dan memenuhi spesifikasi fungsional yang telah dirancang. Instrumen disusun dalam bentuk kuesioner.

Dalam penelitian ini, penilaian pada instrumen menggunakan Skala Guttman, yaitu skala pengukuran dengan jawaban tegas berupa ya/tidak atau benar/salah. Menurut Slamet Riyanto et al., n.d., (pp. 20–21), Skala Guttman dirancang untuk memperoleh jawaban yang jelas dan pasti dari responden, sehingga sangat sesuai digunakan dalam pengujian sistem yang membutuhkan penilaian fungsional secara langsung. Pembobotan skala terdiri dari: 1 = Ya/Benar dan 0 = Tidak/Salah, sehingga hasil evaluasi dapat dianalisis secara lebih objektif.

Tabel 3.2 Rencana Instrumen Pengujian untuk Penguji ahli sistem

No	Proses yang Diuji	Hasil Pengujian	
		Valid	Tidak Valid
1	Sistem dapat menghubungkan perangkat keras dengan mikrokontroler ESP32 secara stabil melalui WiFi.		
2	Sistem dapat membaca status pagar (terbuka/tertutup) secara akurat menggunakan limit switch.		
3	Sistem dapat mengontrol motor DC untuk membuka dan menutup pagar sesuai perintah.		
4	Sistem dapat mengirimkan status pagar secara real-time ke server untuk dipantau.		

No	Proses yang Diuji	Hasil Pengujian	
		Valid	Tidak Valid
5	Sistem dapat memproses verifikasi akses melalui chatbot Telegram.		
6	Sistem dapat memberikan notifikasi real-time (pagar terbuka/tertutup, izin akses) melalui Telegram.		
7	Sistem mampu mencatat setiap aktivitas akses dalam log database.		
8	Sistem dapat mengatur pembatasan akses otomatis berdasarkan jadwal waktu yang telah ditentukan.		
9	Sistem memiliki antarmuka Telegram yang mudah digunakan oleh penghuni dan admin.		
10	Sistem memiliki dashboard website untuk memantau status pagar secara real-time.		
11	Sistem memiliki fitur manajemen data penghuni (tambah, ubah, hapus).		
12	Sistem memiliki keamanan autentikasi login pada dashboard untuk admin.		

Kolom "No" digunakan untuk memberikan nomor urut pada setiap proses yang diuji. Kolom "Proses yang Diuji" memuat deskripsi mengenai proses atau fitur sistem yang menjadi objek pengujian, seperti pengujian integrasi perangkat atau keakuratan sensor. Sementara itu, kolom "Hasil Pengujian" diisi berdasarkan penilaian ahli menggunakan Skala Guttman (1 = Valid/Benar, 0 = Tidak Valid/Salah) untuk menentukan apakah fitur telah berfungsi sesuai rancangan.

Selain itu, disediakan pula pertanyaan terbuka kepada Penguji Ahli untuk memperoleh masukan tambahan terkait sistem yang telah dikembangkan. Masukan tersebut digunakan sebagai dasar evaluasi lanjutan dan perbaikan sistem.

Tabel 3.3 Saran & Pendapat untuk Ahli

Saran:	
Pendapat:	

(b) Instrumen untuk Pengguna

Instrumen untuk pengguna menggunakan System Usability Scale (SUS) guna menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem oleh penghuni dan penjaga. Penilaian dilakukan melalui 10 pertanyaan SUS menggunakan Skala Likert 5 poin: Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Ragu-ragu (RG), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Skala ini merujuk pada teori Skala Likert (Slamet Riyanto et al., n.d., pp.18–19) dengan skor 1–5 (STS–SS).

Tabel 3.4 memuat 10 pertanyaan SUS yang menilai aspek kemudahan, konsistensi, efisiensi, serta kenyamanan penggunaan sistem. Selain penilaian tertutup, disediakan pertanyaan terbuka pada Tabel 3.5 untuk mengumpulkan saran dan pendapat pengguna sebagai bahan evaluasi dan pengembangan sistem lebih lanjut.

Tabel 3.4 Kuisisioner Uji Kebergunaan

No	Pertanyaan	Jawaban				
		SS	S	RG	TS	STS
1	Saya merasa akan sering menggunakan sistem pagar otomatis ini dalam aktivitas sehari-hari.					
2	Saya merasa sistem ini cukup rumit untuk digunakan.					
3	Saya merasa sistem ini membantu kegiatan sehari-hari saya dengan mudah dan efisien.					
4	Saya merasa perlu bantuan orang lain atau petunjuk teknis untuk bisa menggunakan sistem ini.					
5	Saya merasa fitur-fitur yang ada di sistem ini sudah terhubung dan bekerja dengan baik.					
6	Saya merasa tampilan dan fungsi sistem ini kurang konsisten atau tidak seragam.					

No	Pertanyaan	Jawaban				
		SS	S	RG	TS	STS
7	Saya merasa orang lain juga bisa cepat memahami cara menggunakan sistem ini tanpa kesulitan.					
8	Saya merasa sistem ini cukup sulit untuk digunakan.					
9	Saya merasa percaya diri saat menggunakan sistem pagar otomatis ini tanpa ragu.					
10	Saya merasa harus mempelajari banyak hal terlebih dahulu sebelum bisa menggunakan sistem ini dengan lancar.					

Dalam kuesioner yang diberikan kepada pengguna, disertakan pula beberapa pertanyaan terbuka untuk mengumpulkan umpan balik mengenai kelebihan, kekurangan, serta pengalaman penggunaan sistem secara keseluruhan. Pertanyaan terbuka ini memberikan ruang bagi pengguna untuk menyampaikan pendapat secara lebih bebas dan mendetail sehingga dapat menjadi bahan evaluasi yang penting dalam proses penyempurnaan sistem.

Tabel 3.5 Saran & Pengguna untuk Pengguna

Saran:	
Pendapat:	

(c) Skala Penilaian

1. Skala Likert

Skala Likert adalah salah satu model skala yang sering digunakan oleh peneliti untuk mengukur sikap, opini, persepsi, atau fenomena sosial lainnya. Skala ini biasanya menggunakan lima kategori, yaitu 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, dan 5 = sangat setuju (Slamet Riyanto et al., n.d., pp. 18–19), Skoring untuk Skala Likert ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3.6 Skala Likert

Skor	Kategori Jawaban
1	Sangat Tidak Setuju (STS)
2	Tidak Setuju (TS)

3	Netral (N)
4	Setuju (S)
5	Sangat Setuju (SS)

2. Skala Guttman

Menurut (Slamet Riyanto et al., n.d., pp. 20–21) Skala Guttman merupakan jenis skala pengukuran yang menggunakan format pilihan ganda atau checklist. Skala ini dirancang untuk memperoleh jawaban yang jelas dan pasti dari responden. Jawaban yang diberikan biasanya berupa opsi seperti "benar" atau "salah" serta "ya" atau "tidak". Penggunaan dua pilihan jawaban dianggap lebih optimal untuk memastikan ketegasan dalam respon yang diberikan, Berikut adalah pembagian skor untuk Skala Guttman:

Tabel 3.7 Skala Guttman

Skor	Kategori Jawaban
1	Ya / Benar
0	Tidak / Salah

5. Teknik analisis data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis IoT dengan perizinan melalui chatbot. Analisis dilakukan menggunakan beberapa pendekatan, yaitu Blackbox Testing, Uji Fungsionalitas, Uji Keandalan, dan Analisis Persentase Kelayakan.

a. Uji Produk Pengguna

Dalam penelitian ini, analisis data pada uji coba pengguna dilakukan menggunakan metode System Usability Scale (SUS). "System Usability Scale (SUS) adalah metode yang digunakan untuk menilai kegunaan suatu sistem. Dalam metode ini, responden diberikan 10 pertanyaan dan diminta memberikan jawaban dalam skala 1 hingga 5, di mana 1 berarti 'Sangat Tidak Setuju' dan 5 berarti 'Sangat Setuju'. Dengan jumlah pertanyaan yang sedikit, waktu pengerjaan yang cepat, biaya yang terjangkau, dan kemudahan pengelolaan, SUS telah menjadi metode pengujian kegunaan yang populer dan dianggap sebagai standar industri" (Pramono et al., n.d., p. 15). Metode ini dipilih karena sesuai untuk mengukur tingkat kegunaan sistem keamanan digital gerbang hunian berbasis

loTyang dikembangkan, bahkan dengan jumlah responden terbatas seperti penghuni rumah kost dan dua ahli sistem.

Berikut merupakan rumus pada perhitungan skor SUS:

$$SUS = [(Q1 - 1) + (5 - Q2) + (Q3 - 1) + (5 - Q4) + (Q5 - 1) + (5 - Q6) + (Q7 - 1) + (5 - Q8) + (Q9 - 1) + (5 - Q10)] \times 2,5$$

kemudian seluruh nilai tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah responden untuk memperoleh rata-rata skor:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan :

$\bar{x}$: Rata-rata skor usability

$\sum x$: Jumlah keseluruhan skor SUS dari responden

n : Jumlah responden

Proses perhitungan skor System Usability Scale (SUS) dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

- Untuk pernyataan bernomor ganjil dari total 10 kuesioner, skor yang diberikan responden dikurangi 1.
- Untuk pernyataan bernomor genap, skor akhir dihitung dengan mengurangkan skor yang diberikan responden dari nilai 5.
- Skor rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan seluruh hasil pada setiap nomor, lalu mengalikan total tersebut dengan 2,5.

Tabel 3.8 Kategori skor SUS

SUS Score	Grade	Adjective Rating
>80.3	A	Excellent
68-80,3	B	Good
68	C	Okay
51-68	D	Poor
<51	F	Awful

Tabel 3.8 berikut menunjukkan kategori skor SUS beserta interpretasi nilainya.

b. Uji Produk Penguji ahli sistem

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan metode persentase kelayakan, yang dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{skor yang diobservasi}}{\text{skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase ini digunakan untuk menilai sejauh mana aspek-aspek yang diuji memenuhi kriteria kelayakan. Mengacu pada Arikunto (2009, hlm. 44), kategori kelayakan dibagi menjadi lima tingkatan berdasarkan rentang persentase, dengan nilai maksimum 100% dan minimum 0%. Rincian pembagian kategori kelayakan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.9 yang memuat klasifikasi persentase pencapaian dan interpretasinya.

Tabel 3.9 Kategori Kelayakan

Presentase Pencapaian	Interpretasi
<21%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

c. Uji Hasil

Uji hasil dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi utama pada sistem kontrol gerbang berbasis Internet of Things (IoT) bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian difokuskan pada pengoperasian aktuator motor DC gearbox, fungsi sensor limit switch sebagai pendeteksi batas gerakan pagar, serta ketepatan durasi operasi yang meliputi waktu membuka, waktu menunggu penghuni melewati gerbang, dan waktu menutup otomatis.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan respon sistem terhadap kondisi fisik gerbang yang sebenarnya. Sistem dinyatakan benar apabila status atau durasi operasi yang ditampilkan sesuai dengan keadaan pagar di lapangan. Tingkat akurasi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Nilai Akurasi} = \frac{\text{jumlah data akurat}}{\text{jumlah seluruh data}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Jika akurasi 90–100% → Sistem sangat akurat.
- Jika akurasi 80–89% → Sistem akurat.
- Jika akurasi 60–79% → Sistem cukup akurat.

- d. Jika akurasi 40–59% → Sistem kurang akurat.
- e. Jika akurasi <40% → Sistem tidak akurat.

Prosedur pengujian diterapkan pada empat kondisi operasional gerbang, yaitu saat pagar membuka, saat berhenti pada posisi terbuka penuh (limit switch open aktif), saat pagar menutup, dan saat berhenti pada posisi tertutup penuh (limit switch close aktif). Selain itu, pengujian juga mencakup skenario akses yang ditolak untuk memastikan sistem mampu menahan perintah buka ketika PIN tidak valid atau permintaan akses dilakukan di luar jam operasional.