

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Islam Al Azhar Bukittinggi, Sumatera Barat sebagai lokasi penerapan RFID pada Sistem Presensi Siswa berbasis IoT, dengan dukungan perangkat keras (NodeMCU ESP8266, RFID Reader dan kartu RFID) serta perangkat lunak berupa *website multi-user* yang terhubung dengan basis data API WhatsApp.

Adapun waktu penelitian dilaksanakan mulai dari tahap persiapan hingga penyusunan laporan akhir, terhitung dari bulan Juli 2025 sampai dengan April 2026, dengan rincian tahapan kegiatan yang dapat dilihat dari Tabel 3.1 dibawah:

Tabel 3.1 Tahapan Penelitian dan Waktu Pelaksanaan

No	Tahapan Penelitian	Waktu Pelaksanaan
1	Persiapan penelitian: penentuan judul, studi literatur, dan pengumpulan referensi.	Agustus – 2025
2	Analisis kebutuhan sistem: wawancara dan identifikasi masalah	Oktober - Desember 2025
3	Penerapan RFID: perancangan arsitektur, alur sistem dan <i>database</i> , pembuatan perangkat keras dan pengembangan <i>website multi-user</i> serta API WhatsApp	November - Desember 2025
4	Pengujian sistem: pengujian perangkat keras, <i>website</i> , dan API WhatsApp	Desember - Januari 2026
5	Implementasi RFID pada Sistem Presensi Siswa di SMPIA 39 Bukittinggi	Januari – Maret 2026
6	Penyusunan laporan dan penyelesaian penelitian	April - Juni 2026

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Perangkat Keras

Dalam penerapan RFID untuk sistem presensi siswa, dibutuhkan beberapa perangkat keras atau *hardware* baik mikrokontroler maupun perangkat lainnya. Pemilihan spesifikasi perangkat keras merupakan hal terpenting guna kelancaran perancangan alat sesuai kebutuhan dari studi literatur yang sudah dilakukan. Setelah

dilakukan analisis, berikut perangkat keras yang dibutuhkan yang bisa dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Komponen	Jumlah	Kegunaan
1	NodeMcu ESP8266	1	Sebagai mikrokontroler utama, yang bertugas mengolah data yang diterima dari sensor-sensor dan mengirimkan hasil pemrosesan tersebut ke modul output untuk dijalankan sesuai kebutuhan sistem.
2	Sensor RFID Mifare RC522	1	Sensor yang akan membaca ID dari kartu RFID atau smartcard mifare 13.56MHz.
3	LCD 16x2	1	Menampilkan hasil pembacaan data dari sensor dan status sistem secara <i>real-time</i> .
4	RFID Card Mifare 13.56MHz	1	Digunakan sebagai media identifikasi pengguna melalui pembacaan UID oleh modul RFID
5	Buzzer	1	Sebagai indikator suara yang memberikan notifikasi terjadinya aktivitas absensi
6	Kabel Jumper	1 Paket	Penghubung antar mikrokontroler dengan modul-modulnya
7	Adaptor 5V 2A	1	Sumber tegangan komponen dan alat
8	<i>Casing Box</i>	1	Untuk menyimpan komponen-komponen yang sudah dirangkai

Berdasarkan daftar perangkat keras yang telah disajikan, seluruh komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi satu sistem presensi RFID yang utuh. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data dari sensor RFID RC522 dan meneruskan hasil pembacaan UID ke sistem. Sensor RFID diposisikan sebagai modul input utama untuk membaca kartu pengguna, sedangkan LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi status secara *real-time*, seperti keberhasilan pembacaan maupun notifikasi lainnya. Buzzer ditambahkan sebagai indikator suara agar perangkat memberikan umpan balik langsung kepada pengguna saat kartu berhasil dipindai. Seluruh komponen tersebut dihubungkan menggunakan kabel jumper untuk memastikan proses komunikasi antarmodul berjalan stabil. Setelah rangkaian diuji dan berfungsi dengan baik, perangkat dirapikan dan ditempatkan di dalam *casing box* agar aman,

terlihat rapi, serta terlindungi dari kerusakan fisik. Sistem kemudian mendapatkan suplai daya melalui adaptor 5V 2A sebagai sumber tegangan utama sehingga perangkat dapat beroperasi secara berkelanjutan.

3.2.2 Perangkat Lunak

Selain perangkat keras yang sudah di paparkan pada Tabel 3.2, dibutuhkan juga alat perangkat lunak atau *software* agar seluruh perangkat keras dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Berikut perangkat lunak yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem.

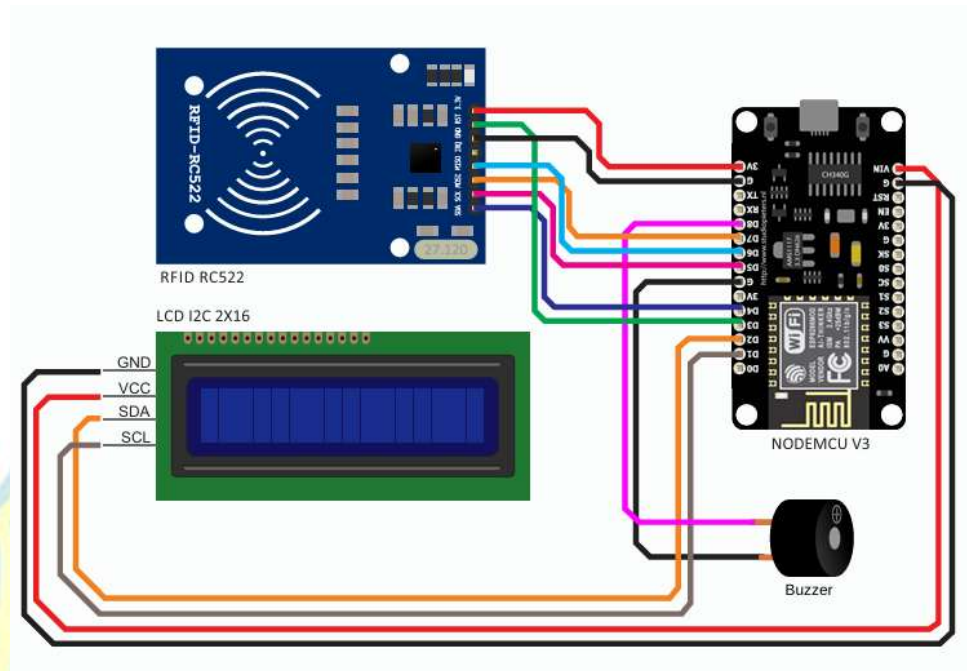
Tabel 3.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Kegunaan
1	Arduino IDE	Digunakan untuk menulis, mengunggah, dan menguji program pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
2	Visual Studio Code	Editor kode utama untuk menulis dan mengembangkan program <i>website</i> berbasis PHP, HTML, CSS, dan JavaScript.
3	Draw.io	Membuat diagram seperti flowchart, diagram konteks, dan <i>use case diagram</i> .
4	Wokwi	Membuat skema komponen
5	XAMPP	Sebagai <i>server</i> lokal (MySQL) untuk menjalankan dan menguji <i>website</i> sebelum diunggah ke <i>hosting</i> online.
6	PhpMyAdmin	Tempat mengelola <i>database</i> MySQL, membuat tabel presensi dan mengelola data hasil pembacaan RFID.
7	Hostinger	Layanan <i>hosting</i> yang digunakan untuk men- <i>deploy website</i> secara online agar dapat diakses oleh pengguna (admin, guru, dan orang tua).
8	Fontte	Penyedia layanan API WhatsApp.

Perangkat lunak pada Tabel 3.3 di atas digunakan untuk mendukung proses implementasi RFID pada sistem presensi siswa. Arduino IDE berfungsi untuk pemrograman mikrokontroler, sementara Visual Studio Code digunakan untuk pembuatan kode *website*. XAMPP dan PhpMyAdmin menyediakan *server* lokal dan manajemen *database*, sedangkan Draw.io dan Wokwi membantu pembuatan

diagram serta simulasi rangkaian. Hostinger dan UltraMsg dimanfaatkan pada tahap implementasi untuk *deployment website* dan integrasi notifikasi WhatsApp.

3.3 Arsitektur Penerapan RFID berbasis IoT



Gambar 3.1 Arsitektur Perangkat Keras

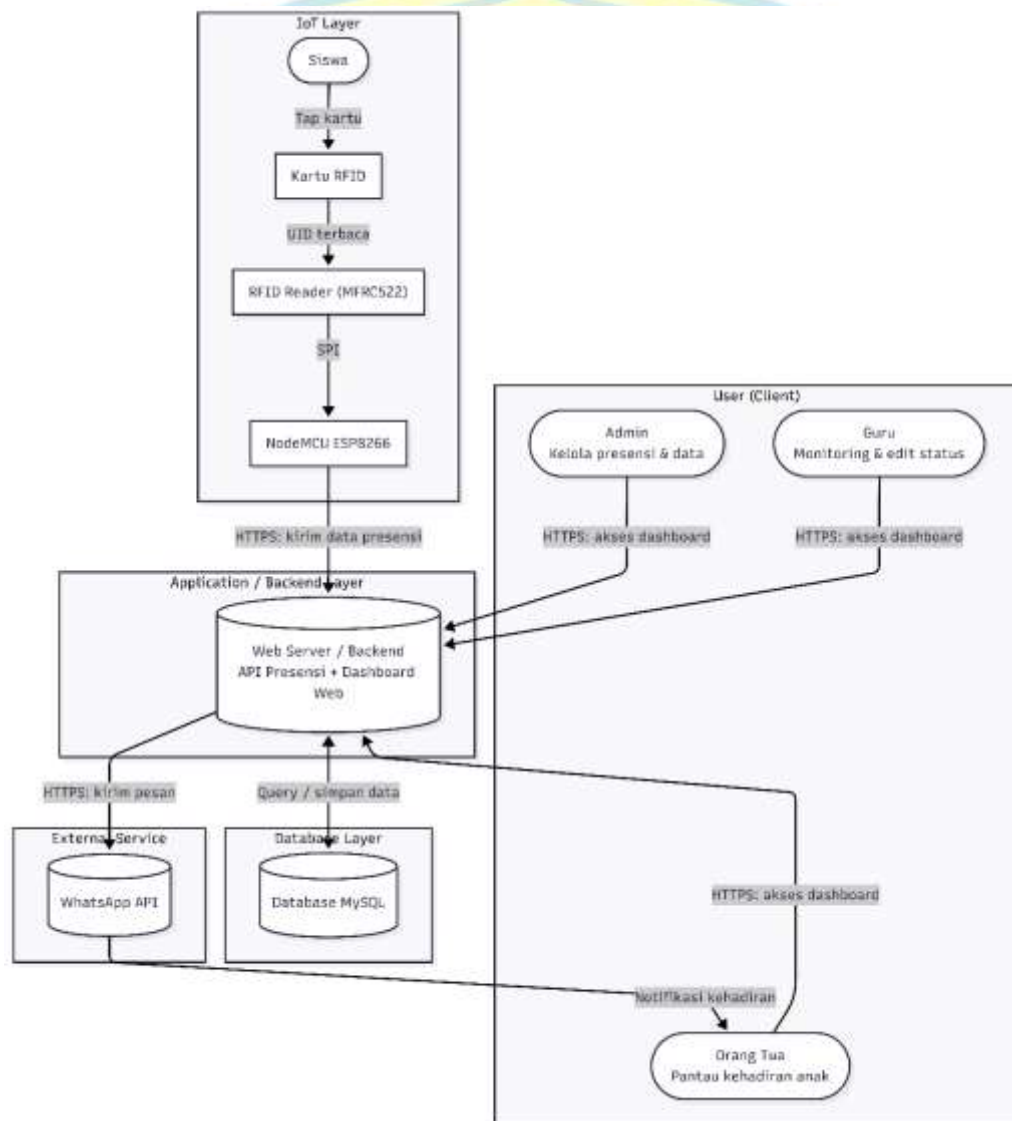
Gambar 3.1 Arsitektur Perangkat Keras menunjukkan susunan dan hubungan antar komponen perangkat keras yang digunakan dalam sistem presensi RFID. Komponen utama pada arsitektur ini terdiri dari RFID Reader RC522, NodeMCU V3, LCD 16×2 berbasis I2C, dan buzzer yang saling terhubung secara langsung melalui jalur pin.

RFID Reader RC522 berfungsi sebagai perangkat input untuk membaca UID kartu RFID siswa. Data UID yang terbaca kemudian dikirimkan ke NodeMCU V3 sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh proses presensi. NodeMCU bertugas memproses data hasil pembacaan RFID, mengatur komunikasi dengan perangkat lain, serta menjadi penghubung antara perangkat keras dan sistem berbasis web.

LCD 16×2 digunakan sebagai media output untuk menampilkan informasi presensi, seperti status berhasil atau gagal saat kartu RFID ditempelkan. Komunikasi antara

LCD dan NodeMCU menggunakan protokol I2C, sehingga hanya memerlukan dua jalur data utama, yaitu SDA dan SCL. Selain itu, buzzer digunakan sebagai indikator suara untuk memberikan notifikasi kepada siswa bahwa proses presensi telah dilakukan.

Dengan arsitektur perangkat keras ini, sistem presensi mampu bekerja secara mandiri sebagai terminal presensi yang responsif, sederhana, dan mudah dioperasikan di lingkungan sekolah.



Gambar 3.2 Arsitektur Penerapan RFID Berbasis IoT

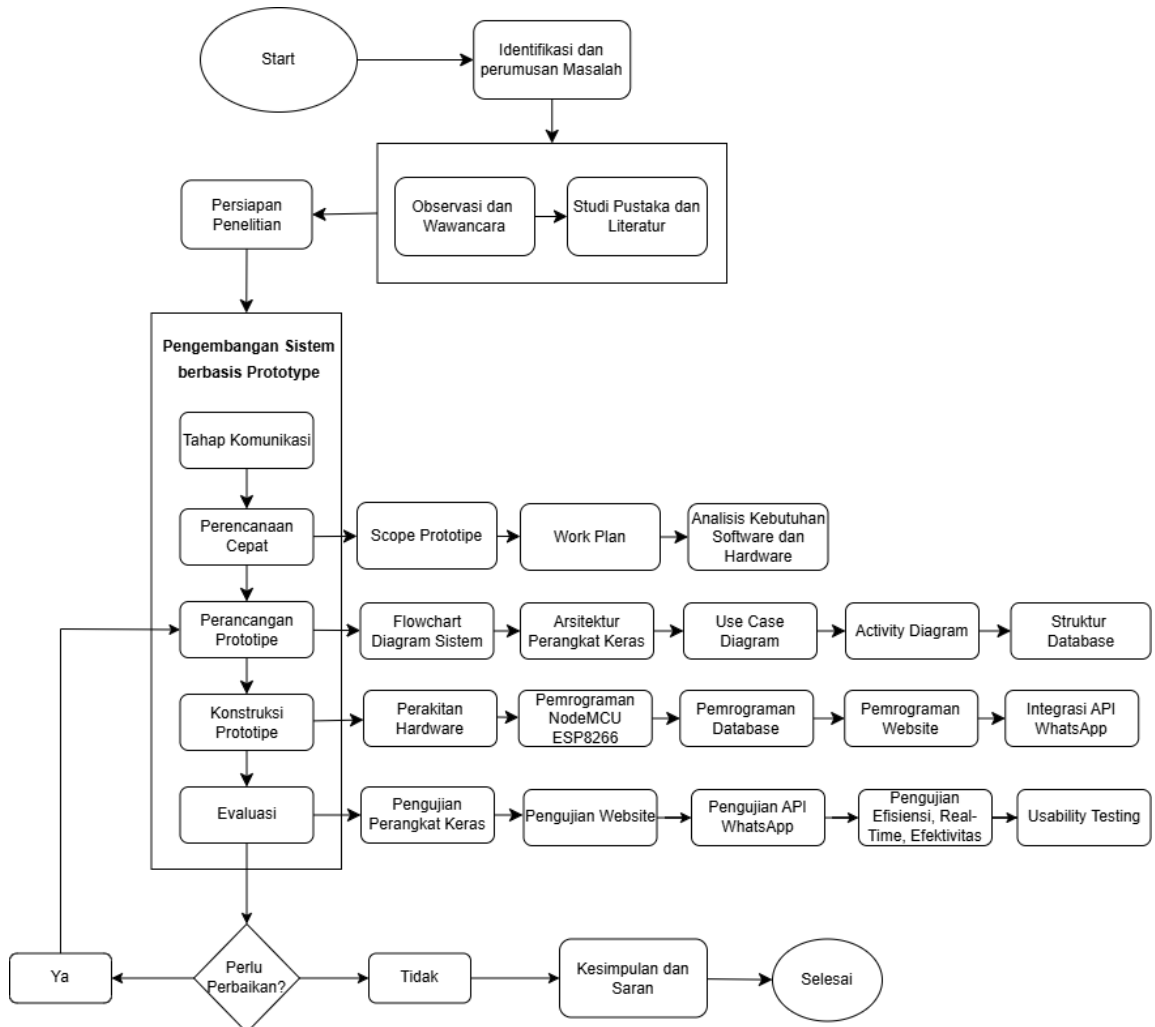
Gambar 3.2 menunjukkan arsitektur dan alur kerja penerapan RFID berbasis *Internet of Things* (IoT) pada pencatatan kehadiran siswa, mulai dari proses presensi hingga penyajian informasi kehadiran kepada pihak terkait. Penerapan RFID dilakukan pada lapisan perangkat (*device layer*), di mana setiap siswa menggunakan kartu RFID sebagai media identifikasi. Ketika kartu RFID ditempelkan pada RFID reader, UID (*Unique Identifier*) kartu dibaca dan dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui komunikasi SPI. NodeMCU berperan sebagai perangkat IoT yang menghubungkan proses presensi fisik dengan sistem berbasis jaringan.

Selanjutnya, NodeMCU mengirimkan data UID beserta informasi waktu presensi ke *web server* melalui koneksi Wi-Fi menggunakan protokol HTTPS. Penggunaan protokol HTTPS bertujuan untuk menjaga keamanan data selama proses transmisi dari perangkat IoT ke *server*. Pada tahap ini, konsep IoT diterapkan melalui integrasi perangkat fisik (RFID reader dan NodeMCU) dengan jaringan internet sehingga data presensi dapat dikirim dan diproses secara otomatis tanpa input manual.

Pada lapisan aplikasi (*application layer*), *web server* berfungsi sebagai pusat pengolahan data presensi. *Server* melakukan validasi UID kartu, pencatatan waktu kehadiran, penentuan status presensi siswa, serta penyimpanan data ke dalam basis data MySQL. Data yang telah tersimpan kemudian dapat diakses melalui *dashboard website* sesuai dengan hak akses pengguna.

Admin tata usaha dan guru mengakses *dashboard website* untuk memantau dan mengelola data kehadiran siswa, termasuk melakukan penyesuaian data presensi secara manual apabila diperlukan. Sementara itu, orang tua dapat memantau kehadiran anak secara *real-time* melalui *dashboard*. Selain penyajian informasi pada *website*, penerapan RFID ini juga terintegrasi dengan layanan WhatsApp API sebagai layanan eksternal, yang berfungsi untuk mengirimkan notifikasi kehadiran siswa kepada orang tua secara otomatis setelah data presensi berhasil diproses dan disimpan oleh *server*.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan model *prototyping* yang dikemukakan oleh Pressman (2015) yang terdiri dari lima tahapan utama, yaitu *Communication*, *Quick Plan*, *Modeling Quick Design*, *Construction of Prototype*, dan *Deployment, Delivery & Feedback*. Model ini dipilih karena sesuai untuk penelitian yang berfokus pada penerapan teknologi RFID berbasis IoT, di mana keterlibatan pengguna sejak tahap awal sangat diperlukan agar penerapan yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan sekolah.

1. *Communication* atau tahap komunikasi dan pengumpulan kebutuhan.

Pada tahap ini dilakukan komunikasi dengan pihak sekolah, yaitu Kepala Sekolah SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi, pihak Yayasan dan Admin Tata Usaha untuk memahami permasalahan pencatatan kehadiran secara

manual serta kebutuhan penerapan RFID pada Sistem Presensi Siswa berbasis IoT. Kegiatan meliputi observasi proses pencatatan kehadiran, wawancara, dan studi literatur. Output tahap ini adalah kebutuhan fungsional dan non-fungsional, seperti penggunaan RFID untuk pencatatan kehadiran, penyimpanan data secara *real-time*, *dashboard website multi-user*, serta notifikasi WhatsApp otomatis bagi orang tua.

2. *Quick Plan* atau tahap perencanaan cepat.

Tahap ini bertujuan untuk menyusun perencanaan singkat terkait ruang lingkup penerapan RFID, prioritas fitur, rencana kerja, serta kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perencanaan ini dilakukan agar penerapan teknologi berjalan terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3. *Modeling Quick design* atau tahap perancangan prototipe.

Pada tahap ini disusun rancangan awal sebagai acuan penerapan RFID, meliputi flowchart alur pencatatan kehadiran, *use case diagram dashboard website*, rancangan arsitektur perangkat keras berbasis NodeMCU ESP8266, rancangan basis data MySQL, skematik rangkaian perangkat, serta sequence diagram alur data dari perangkat IoT hingga *dashboard website* dan notifikasi WhatsApp.

4. *Construction of Prototype* atau tahap konstruksi prototipe.

Tahap ini meliputi perakitan perangkat RFID, pemrograman NodeMCU ESP8266, pembangunan *dashboard website*, serta integrasi API WhatsApp. Output tahap ini adalah prototipe penerapan RFID yang sudah dapat digunakan untuk mencatat kehadiran siswa dan menampilkan data pada *dashboard website*.

5. *Deployment, Delivery & Feedback* atau tahap evaluasi.

Pada tahap *Deployment, Delivery and Feedback*, prototipe sistem yang telah dibangun diterapkan dan didemonstrasikan kepada pengguna sesuai dengan peran masing-masing. Evaluasi dilakukan melalui observasi penggunaan sistem dan diskusi dengan pengguna untuk mengidentifikasi fungsi yang belum sesuai, kebutuhan tambahan, serta kendala yang muncul selama penggunaan prototipe. Setelah itu setiap masukan dicatat yang nantinya akan di perbaiki, setelah perbaikan diterapkan fungsi tersebut

didemonstrasikan kembali kepada pengguna untuk memastikan bahwa hasil perbaikan telah sesuai dengan kebutuhan.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan tahapan yang dilakukan untuk memperoleh berbagai informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Pada penelitian ini, proses pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh data yang mendukung penerapan teknologi RFID pada sistem presensi sekolah berbasis *Internet of Things* (IoT). Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam analisis kebutuhan sistem, proses pengembangan, serta pengujian untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Wawancara

Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data utama untuk memperoleh informasi mendalam terkait kondisi aktual pencatatan kehadiran siswa serta kebutuhan penerapan teknologi RFID pada Sistem Presensi Sekolah berbasis IoT. Wawancara dilakukan secara daring melalui platform Zoom Meeting dengan dua narasumber utama, yaitu Ketua Yayasan Insan Karima Cendikia, Ibu Mira Febrina, S.H., M.Pd, dan Kepala Sekolah SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi, Ustadz Arifan Ananda, S.Pd.

Wawancara dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan pada awal penelitian untuk mengidentifikasi permasalahan pencatatan kehadiran siswa serta kebutuhan awal penerapan teknologi. Tahap kedua merupakan wawancara lanjutan yang dilaksanakan pada 31 Desember 2025 dan 5 Januari 2026, bertujuan untuk memvalidasi kebutuhan sistem, menggali masukan terkait keterlibatan orang tua, serta memastikan kesesuaian rancangan *dashboard website* dan notifikasi WhatsApp dengan kondisi dan kebijakan sekolah.

Instrumen wawancara pada tahap awal difokuskan pada:

1. Mekanisme pencatatan kehadiran siswa yang berjalan saat ini.
2. Kendala yang dihadapi dalam pencatatan dan rekapitulasi kehadiran.
3. Efektivitas metode manual dan fingerprint yang pernah digunakan.

Sementara itu, pada wawancara lanjutan, instrumen wawancara dikembangkan dengan menambahkan fokus pada:

1. Kebutuhan *dashboard website* sebagai media pemantauan kehadiran siswa oleh admin tata usaha, guru, dan orang tua.
2. Harapan sekolah terhadap transparansi data kehadiran siswa.
3. Kebutuhan notifikasi WhatsApp sebagai sarana komunikasi *real-time* kepada orang tua.
4. Dukungan kebijakan sekolah terhadap penerapan teknologi RFID berbasis IoT.

Berdasarkan hasil wawancara, diperoleh informasi bahwa pencatatan kehadiran siswa masih dilakukan secara manual menggunakan buku absensi fisik sebagai media utama pencatatan. Dalam proses tersebut, status kehadiran siswa diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori (*flag*), yaitu hadir, terlambat, alfa, izin, dan sakit.

Selain itu, pencatatan untuk siswa dengan status terlambat dilakukan secara terpisah pada buku keterlambatan yang dijaga oleh petugas piket OSIS setiap pagi pada pukul 07.15 hingga 08.00 WIB. Siswa yang datang terlambat wajib mengisi buku keterlambatan tersebut di meja piket.

Setelah proses presensi di kelas melalui pemanggilan siswa selesai, kegiatan pembelajaran langsung dimulai tanpa adanya pencatatan tambahan pada saat itu. Selanjutnya, pada waktu sebelum pembelajaran berakhir (sekitar sebelum pukul 12.00 WIB), wali kelas akan mengambil buku keterlambatan dari meja piket untuk merekap data siswa yang terlambat ke dalam buku presensi, sekaligus melakukan pencatatan status izin dan sakit berdasarkan informasi yang dikirimkan oleh orang tua kepada wali kelas.

Sementara itu, status alfa diberikan kepada siswa yang tidak hadir tanpa keterangan setelah seluruh proses pencatatan dan rekap presensi selesai dilakukan. Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut menunjukkan bentuk absensi fisik dan buku keterlambatan yang digunakan dalam sistem presensi manual saat ini.

Gambar 3.5 Buku Keterlambatan Siswa

Kondisi ini menimbulkan beberapa permasalahan utama, antara lain ketidakefisienan waktu, tingginya potensi kesalahan pencatatan, serta keterlambatan dalam proses rekapitulasi data. Selain itu, pihak sekolah dan yayasan menyampaikan kebutuhan akan keterlibatan orang tua dalam memantau kehadiran siswa secara langsung, bukan hanya melalui laporan berkala.

Penerapan *fingerprint* yang sempat dicoba juga dinilai kurang efektif karena memerlukan kontak fisik, memiliki tingkat kegagalan pembacaan yang cukup tinggi, serta membutuhkan biaya pemeliharaan yang tidak sedikit. Oleh karena itu, pihak sekolah menyambut baik gagasan penerapan RFID berbasis IoT yang terintegrasi dengan *dashboard website multi-user* dan notifikasi WhatsApp otomatis sebagai solusi yang lebih efisien, higienis, dan transparan.

Hasil wawancara ini menjadi dasar utama dalam penentuan kebutuhan fungsional dan non-fungsional penelitian, sekaligus memperkuat relevansi dan kebaruan penelitian yang menitikberatkan pada penerapan RFID sebagai sarana pendukung pengelolaan kehadiran siswa yang melibatkan sekolah dan orang tua secara aktif.

3.5.2 Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di SMP Islam Al Azhar Bukittinggi yang beralamat di Jl. Mr. Asaat No. 70, Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat pada tanggal 9 Juli 2025 untuk mengamati proses presensi yang sedang berjalan. Melalui observasi ini diperoleh informasi mengenai prosedur presensi manual, kendala yang dihadapi guru dan siswa, serta kebutuhan sistem yang lebih efisien. Observasi juga digunakan untuk mengidentifikasi lokasi pemasangan perangkat keras agar sistem dapat berfungsi optimal.



Gambar 3.6 Al-Azhar Bukittinggi

3.5.3 Studi Literatur

Studi pustaka dilakukan dengan menelaah berbagai sumber literatur yang relevan, seperti buku, jurnal ilmiah, prosiding, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penerapan RFID pada sistem presensi sekolah, teknologi *Internet of Things* (IoT), serta pengembangan *dashboard web multi-user*. Tujuan dari studi pustaka ini adalah untuk memperoleh landasan teori yang kuat, memahami konsep dan teknologi yang digunakan, serta mengidentifikasi kelemahan dan keterbatasan penelitian sebelumnya.

Melalui studi pustaka, peneliti juga dapat menemukan *gap research* yang menjadi dasar kebaruan penelitian ini, yaitu penerapan RFID berbasis IoT pada sistem presensi siswa yang tidak hanya berfokus pada pihak sekolah, tetapi juga melibatkan orang tua melalui *dashboard web* dan tambahan notifikasi whatsapp dengan hak akses berbeda. Selain itu, studi pustaka digunakan untuk menentukan metode pengembangan perangkat lunak yang tepat, dalam hal ini model prototipe, serta teknik pengujian yang sesuai.

3.6 Skenario Pengujian dan Teknik Analisis Data

3.6.1 Skenario Pengujian

Pengujian penerapan RFID pada Sistem Presensi Sekolah dalam penelitian ini direncanakan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pengujian dengan Metode *Black-Box testing*, pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale/SUS*, pengujian terhadap efisiensi waktu, *real-time* dan efektivitas proses presensi awal dengan setelah menggunakan penerapan RFID. Beserta *load testing* untuk mengetahui kemampuan *website* dalam menangani banyak pengguna.

3.6.1.1. Pengujian *Black-Box*

Menurut Pressman (2015), *Black Box Testing* adalah proses pengujian perangkat lunak yang bertujuan untuk memeriksa apakah fungsi-fungsi perangkat lunak tersebut sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, tanpa perlu memahami atau mengakses struktur internal atau kode program yang ada di dalamnya. Dalam metode ini, pengetahuan mengenai detail desain atau implementasi tidak diperlukan. *Blackbox testing* merupakan teknik pengujian perangkat yang berfokus pada spesifikasi fungsional dari sistem yang telah dibuat.

test case dirancang dari spesifikasi atau *requirement*, lalu penguji memberi input dan memeriksa apakah *output* atau reaksi sistem sesuai harapan.

Santosa dkk. (2023) menerapkan *Black-Box Testing* pada sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT untuk menguji keakuratan fungsi perangkat dan integrasi data sensor ke *server*.

Putra, A. W. (2025). *Rancang Bangun Absensi Kerja Berbasis IoT* juga menggunakan metode *Black Box* untuk validasi fungsi perangkat. Hasil validasi mengonfirmasi bahwa seluruh fungsi absensi berjalan sesuai rancangan melalui pengujian fungsional eksternal.

Dengan demikian, karena sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan sistem IoT berbasis RFID-ESP8266 yang terintegrasi dengan cloud *database* dan *dashboard* web, maka pendekatan *black-box testing* dipandang relevan dan tepat digunakan untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi. Tahapan nya terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Identifikasi Kebutuhan Sistem

Mengidentifikasi fungsi-fungsi utama dari sistem berdasarkan dokumen spesifikasi kebutuhan pengguna.

2. Pemilihan Teknik Pengujian

Teknik yang digunakan dalam *Black Box Testing* adalah:

- a. *Boundary Value Analysis* (BVA): menguji nilai-nilai batas domain input, karena error sering terjadi di batas domain input.
 - i. Minimum : waktu presensi paling awal 06.30
 - ii. Minimum+1 : 06.31
 - iii. Minimum-1: 06.29
 - iv. Maksimum-1 : 07.59
 - v. Maksimum: waktu presensi paling akhir 08.00
 - vi. Maksimum+1: 08.01
 - vii. Nilai tengah : 06.45
 - viii. Diluar batas : Sebelum 06.30 dan setelah 08.00

Dalam pengujian sistem presensi, BVA digunakan untuk:

Tabel 3.4 *Boundary Value Analysis*

No	Waktu Presensi	Jenis Uji	Hasil yang diharapkan
1	06.29	Minimum -1	Presensi ditolak
2	06.30	Minimum	Presensi diterima
3	06.31	Minimum +1	Presensi diterima
4	07.59	Maksimum -1	Presensi diterima
5	08.00	Maksimum	Presensi diterima
6	08.01	Maksimum +1	Presensi ditolak
7	Sebelum 06.30 dan setelah 08.00	Diluar batas	Presensi ditolak

- b. *Equivalence Partitioning* (EP): membagi domain input ke dalam kelas-kelas ekuivalen (*valid* dan *invalid*). Contohnya seperti kelas valid menjadi input yang seharusnya diterima sistem yaitu kartu yang terdaftar. Kelas invalid menjadi input yang seharusnya ditolak sistem yaitu kartu yang tidak terdaftar.

3. Pembuatan dan Pelaksanaan Test Case

Menyusun tabel uji berisi ID uji, deskripsi, input, output yang diharapkan, hasil aktual, dan status (*Pass/Fail*). Setiap *test case* dijalankan langsung pada perangkat dan web untuk memverifikasi kesesuaian fungsi.

4. Evaluasi dan Perbaikan

Hasil aktual dibandingkan dengan output yang diharapkan. Jika ditemukan kesalahan, sistem diperbaiki sesuai metode prototipe hingga seluruh fungsi bekerja dengan benar.

Pengujian dilakukan secara langsung selama satu bulan penuh di SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi untuk melihat kestabilan dan efektivitas dari penerapan RFID untuk sistem presensi berbasis *Internet of Things*. Pengujian melibatkan Wakil Kepala Sekolah, Ustadzah Fauziah, S.Pd.I, Gr sebagai admin yang ditunjuk sekaligus penguji utama bersama saya sebagai peneliti, dibawah pengawasan Kepala Sekolah dan Ketua Yayasan. Beliau nantinya juga akan bertanggung jawab memegang alat presensi setelah

penelitian selesai dilakukan. Sistem diuji coba pada 33 siswa, dengan waktu presensi masuk ditetapkan pukul 6.30-7.15 untuk kategori hadir tepat waktu dan 07.16-08.00 untuk hadir terlambat, sedangkan waktu pulang diatur pada pukul 15.30-17.00.

Untuk mempermudah, hasil pengujian sistem akan dipisahkan ke dalam tiga tabel pengujian yaitu:

1. Pengujian Perangkat Keras (alat absensi)

Dilakukan untuk memastikan komponen fisik seperti RFID Reader, NodeMCU ESP8266, buzzer, dan LCD bekerja sesuai rancangan. Pengujian mencakup respon perangkat terhadap kartu valid dan tidak valid, keakuratan waktu baca, serta kestabilan koneksi ke jaringan. Apabila koneksi jaringan terputus, sistem tetap menyimpan data sementara di memori internal mikrokontroler (NodeMCU) menggunakan *LittleFS*, dan akan otomatis mengirimkan data tersebut ke *database* utama setelah koneksi kembali normal.

2. Pengujian *Website*

Dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur dan hak akses berjalan sesuai dengan peran pengguna. *Website* ini bersifat online, namun tetap dilengkapi dengan mekanisme autentikasi *login* yang berbeda untuk setiap level pengguna, sehingga tidak sembarang orang dapat mengakses maupun melihat data presensi. Sistem terdiri dari tiga level akses utama, yaitu Admin/tata usaha, Guru, dan Orang Tua. Pengujian untuk Admin mencakup fungsi *login*, pengelolaan data siswa, tambah kartu tidak terdaftar dan pengunduhan laporan presensi. Pengujian untuk Guru berfokus pada kemampuan sistem menampilkan data presensi siswa di kelas yang diampu, serta memastikan validasi kehadiran berjalan sesuai waktu yang sebenarnya. Sementara itu, pengujian untuk Orang Tua dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menampilkan data kehadiran anak secara *real-time* dan menunjukkan waktu presensi dengan akurat sesuai data yang terekam pada perangkat absensi.

3. Pengujian API WhatsApp

Dilakukan untuk memastikan sistem dapat mengirimkan notifikasi otomatis kepada orang tua setelah siswa melakukan tap kartu. Pengujian mencakup keberhasilan pengiriman pesan, waktu tunda (*delay*) akibat koneksi, serta kesesuaian isi pesan dengan data kehadiran yang tercatat di sistem.

Skenario pengujian dilakukan dengan memperhatikan kondisi nyata di lapangan, antara lain:

- (1) Siswa men-tap kartu valid pada waktu yang tepat (06.30–07.15), sistem dan LCD menampilkan pesan “*Hadir Tepat Waktu*”, serta data tercatat ke dalam basis data.
- (2) Siswa men-tap kartu valid setelah batas waktu masuk (07.15–08.00), sistem menampilkan pesan “*Hadir Terlambat*” dan mencatat waktu kehadiran sesuai jam tap.
- (3) Siswa men-tap kartu valid di luar jam absensi yang diizinkan (sebelum 06.30 atau setelah 08.00), sistem dan LCD menampilkan pesan “*Tidak Dapat Melakukan Absensi*” serta tidak menyimpan data presensi.
- (4) Siswa men-tap kartu yang tidak terdaftar, sistem menolak input, menampilkan pesan “*Kartu Tidak Dikenal*”, dan buzzer berbunyi panjang sebagai tanda kegagalan.
- (5) Tap kartu dilakukan saat koneksi jaringan terputus, sistem tetap menyimpan data sementara di memori internal NodeMcu dan otomatis mengirimkannya ke *database* setelah koneksi kembali normal.
- (6) Tap kartu saat jam pulang (15.30–17.00), sistem menampilkan pesan “*Pulang*” dan data kehadiran tersimpan ke dalam sistem.

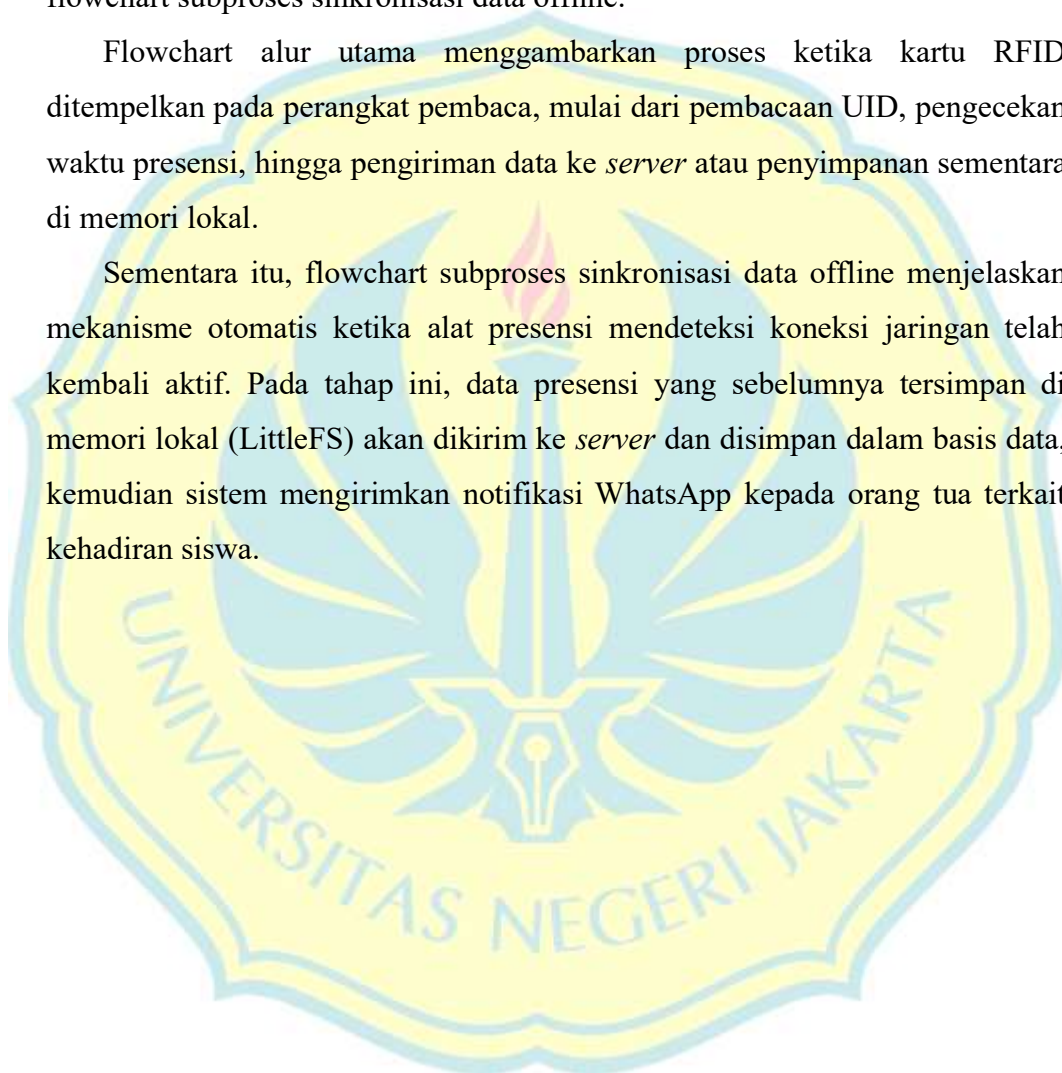
Setiap hasil tap kartu langsung dikirim ke *dashboard website multi-user* secara *real-time*, di mana admin/tata usaha dapat meng akses seluruh fitur termasuk tambah kartu, guru dapat memantau kehadiran siswa di kelas yang diampunya, dan orang tua dapat memantau kehadiran anaknya. Selain itu, alat presensi mengirimkan notifikasi WhatsApp otomatis kepada orang tua berisi informasi waktu kehadiran anak. Evaluasi pengujian dilakukan setiap minggu bersama pihak sekolah untuk menilai kesesuaian sistem dengan kebutuhan

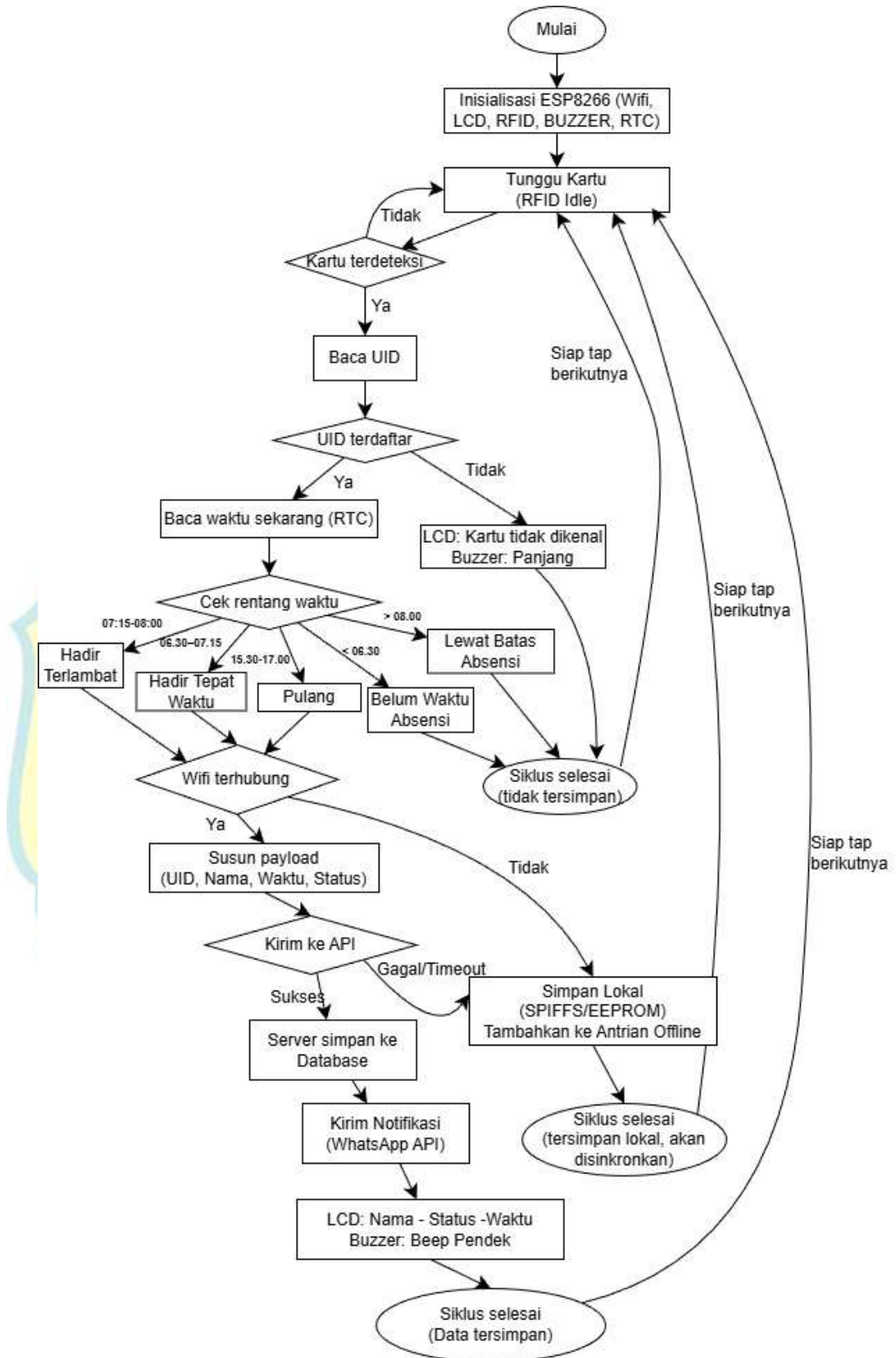
pengguna. Apabila ditemukan bug atau kesalahan, dilakukan perbaikan pada iterasi berikutnya hingga sistem berfungsi secara optimal dan siap digunakan secara penuh.

Berdasarkan uraian tahapan proses presensi RFID di atas, untuk memperjelas mekanisme kerja penerapan RFID secara keseluruhan, berikut disajikan pada Gambar 3.7 untuk flowchart alur utama dan Gambar 3.8 untuk flowchart subproses sinkronisasi data offline.

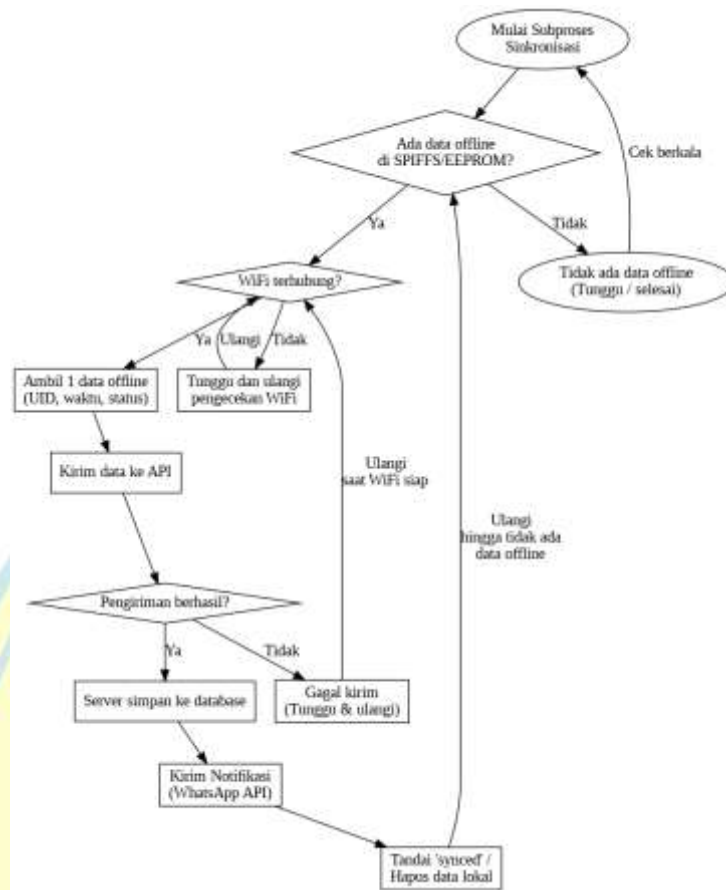
Flowchart alur utama menggambarkan proses ketika kartu RFID ditempelkan pada perangkat pembaca, mulai dari pembacaan UID, pengecekan waktu presensi, hingga pengiriman data ke *server* atau penyimpanan sementara di memori lokal.

Sementara itu, flowchart subproses sinkronisasi data offline menjelaskan mekanisme otomatis ketika alat presensi mendeteksi koneksi jaringan telah kembali aktif. Pada tahap ini, data presensi yang sebelumnya tersimpan di memori lokal (LittleFS) akan dikirim ke *server* dan disimpan dalam basis data, kemudian sistem mengirimkan notifikasi WhatsApp kepada orang tua terkait kehadiran siswa.





Gambar 3.7 Flowchart alur utama



Gambar 3.8 Flowchart subproses data offline

Tabel 3.5 Skenario *Black-box Testing* Perangkat Keras

No	Fungsi yang Diuji	Input / Kondisi Uji	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Tap kartu valid pada waktu yang tepat (06.30–07.15)	Kartu valid, waktu 06.45	LCD menampilkan “Hadir Tepat Waktu”, data tersimpan di <i>database</i> dan <i>dashboard website</i>	Sesuai	Pass
2	Tap kartu valid terlambat (07.15–08.00)	Kartu valid, waktu 07.30	LCD menampilkan “Hadir Terlambat”, data tersimpan	Sesuai	Pass
3	Tap kartu valid diluar jam absensi sebelum jam 06.30	Kartu valid waktu 06.10	LCD menampilkan “Belum Waktu Absensi”, data tidak tersimpan	Sesuai	Pass
4	Tap kartu valid diluar jam absensi	Kartu valid, waktu 08.10	LCD menampilkan “Anda Melewati	Sesuai	Pass

No	Fungsi yang Diuji	Input / Kondisi Uji	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
	setelah jam 08.00		Batas Absensi”, data tidak tersimpan		
5	Tap kartu saat jam pulang	Kartu valid, 15.45	LCD menampilkan “Pulang”, data tersimpan	Sesuai	Pass
6	Tap kartu tidak terdaftar	Kartu invalid, UID tidak dikenal	LCD menampilkan “Kartu Tidak Dikenal”, buzzer berbunyi panjang	Sesuai	Pass
7	Tap kartu saat koneksi jaringan terputus	WiFi off	Data disimpan ke memori internal (LittleFS), dikirim ke <i>database</i> setelah koneksi aktif	Sesuai	Pass
8	Notifikasi buzzer saat scan kartu	Tap kartu valid/non valid	Buzzer berbunyi saat kartu di scan	Sesuai	Pass
9	Tampilan nama, waktu dan keterangan di LCD setelah scan kartu	Tap kartu valid	LCD menampilkan nama siswa dan waktu presensi. (contoh: Fakhira – Hadir Tepat Waktu – 07.00)	Sesuai	Pass

Dari Tabel 3.5 di atas berikut penjelasan per *test case* untuk masing-masing komponen perangkat keras beserta dengan tindak lanjutnya jika gagal.

1. *Test Case* 1: Tap kartu valid tepat waktu

- Jika berhasil: Sistem menampilkan status “Hadir Tepat Waktu” dan data tersimpan dengan benar.
- Jika gagal: Cek logika waktu pada mikrokontroler dan sinkronisasi *Real-Time-Clock*. Memastikan koneksi ke *database* aktif dan format waktu sesuai.

2. *Test Case* 2: Tap kartu valid terlambat

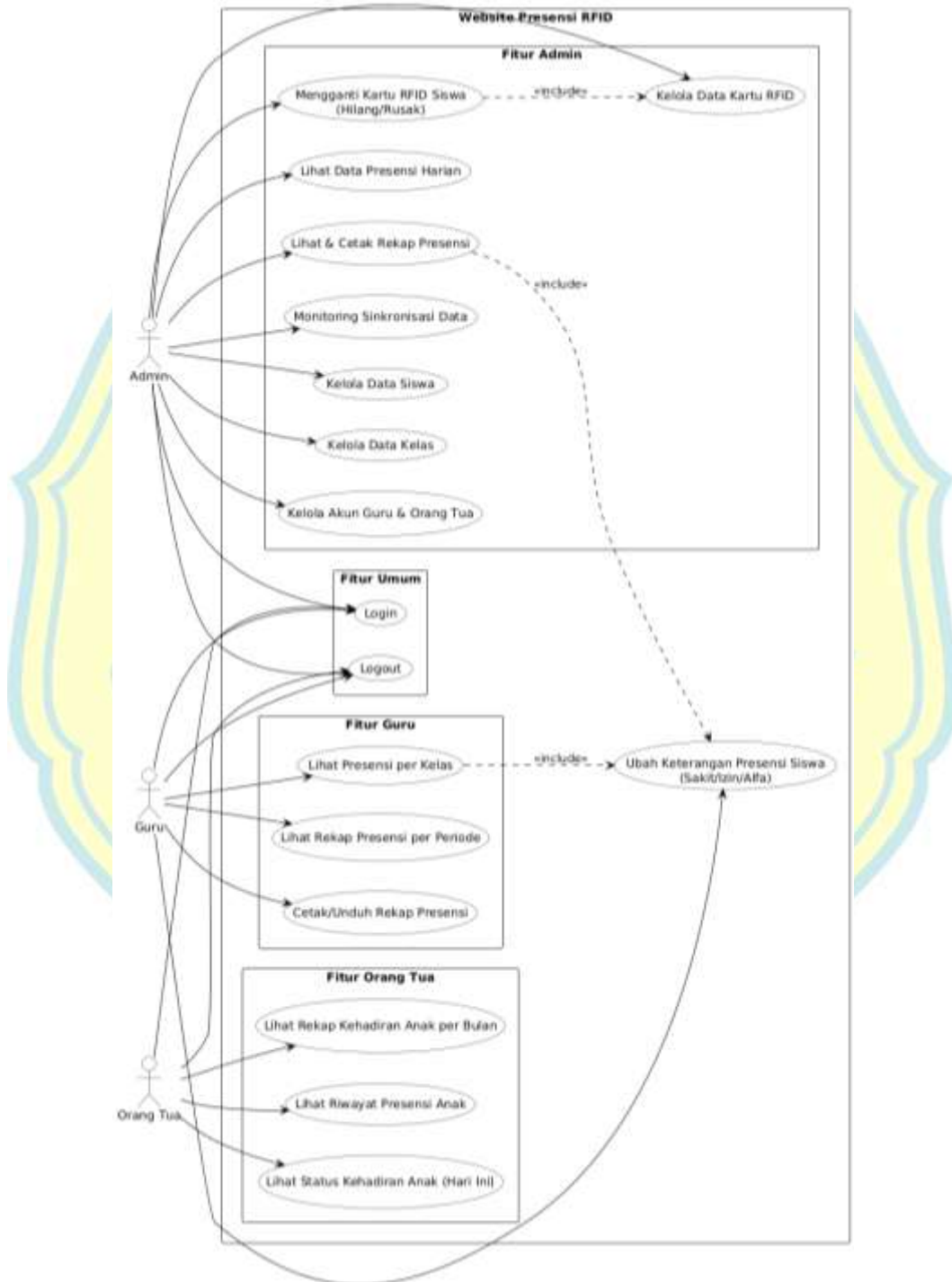
- Jika berhasil: Sistem menampilkan status “Hadir Terlambat” dan data tersimpan dengan waktu aktual.
- Jika gagal: Validasi ulang batas waktu presensi dan memastikan sistem membedakan status kehadiran dengan benar.

3. *Test Case* 3 dan 4: Tap kartu valid diluar jam absensi

- a. Jika berhasil: Sistem menolak presensi dan tidak menyimpan data.
 - b. Jika gagal: Memperbaiki logika batas waktu agar sistem tidak mencatat data di luar jam yang ditentukan.
4. *Test Case 5: Tap kartu tidak terdaftar*
 - a. Jika berhasil: Sistem menolak kartu, memberikan notifikasi suara dan LCD menampilkan “Kartu Belum Terdaftar”.
 - b. Jika gagal: Memeriksa validasi UID dan koneksi buzzer. Lalu memastikan sistem dapat membedakan kartu valid dan tidak valid.
5. *Test Case 6: Tap kartu saat koneksi terputus*
 - a. Jika berhasil: Data disimpan sementara dan dikirim saat koneksi kembali.
 - b. Jika gagal: Cek mekanisme penyimpanan lokal (LittleFS) dan logika *retry* saat koneksi aktif kembali.
6. *Test Case 7: Tap kartu saat jam pulang.*
 - a. Jika berhasil: Sistem mencatat status “Pulang” dan menyimpan data ke *database*.
 - b. Jika gagal: Validasi logika waktu pulang dan pastikan sistem membedakan presensi masuk dan pulang.
7. *Test Case 8: Notifikasi buzzer saat scan kartu valid dan non valid*
 - a. Jika berhasil: Buzzer berbunyi pendek sebagai tanda presensi berhasil dan buzzer berbunyi panjang sebagai tanda presensi gagal.
 - b. Jika gagal: Memeriksa dan memperbaiki sambungan buzzer dan logika pemicu buzzer di program mikrokontroler.
8. *Test Case 9: Tampilan nama dan waktu di LCD setelah scan kartu*
 - a. Jika berhasil: LCD menampilkan nama siswa, waktu dan keterangan presensi. (contoh: Fakhira, 07.00, Hadir Tepat Waktu)
 - b. Jika gagal: Memeriksa *query* UID (nama, format waktu dan kapasitas tampilan LCD) dan memperbaikinya.

Sebelum dilakukan pengujian fungsional pada sistem *website multi-user*, terlebih dahulu disusun *use case diagram* yang menggambarkan hubungan antara aktor dengan fungsi-fungsi yang tersedia pada sistem yang dapat dilihat pada Gambar 3.9. *Use case diagram* digunakan untuk memetakan interaksi

antara pengguna dengan sistem secara visual sehingga memudahkan dalam memahami batasan dan alur kerja dari masing-masing peran. *Use case diagram* berikut menunjukkan fungsi-fungsi utama yang dapat dilakukan oleh setiap pengguna di dalam *website* presensi RFID.



Gambar 3.9 Use Case Diagram Website Presensi RFID

Pada Gambar 3.9, user Admin memiliki akses penuh terhadap seluruh fitur pada *website* presensi RFID yang secara khusus dirancang untuk mendukung administrasi presensi sekolah. Sebelum penerapan *website* presensi ini, proses absensi siswa masih dilakukan secara manual, di mana guru mencatat kehadiran siswa setiap hari pada lembar absensi kelas. Rekap absensi tersebut kemudian dikumpulkan pada akhir minggu dan diserahkan kepada pihak tata usaha (TU). Selanjutnya, petugas TU melakukan input ulang data kehadiran siswa secara manual ke dalam file Microsoft Excel, sehingga proses rekapitulasi membutuhkan waktu yang cukup lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan.

Melalui *website* presensi RFID, proses administrasi presensi yang sebelumnya terpisah dan manual tersebut menjadi terintegrasi dalam satu platform. Admin dapat melakukan pengelolaan data siswa, data kelas, akun guru dan orang tua, pengelolaan data kartu RFID, serta melakukan pencetakan dan rekapitulasi data kehadiran siswa secara otomatis. Dengan demikian, kegiatan pencatatan kehadiran, rekap absensi, hingga pembaruan data presensi dapat dilakukan secara lebih cepat, terstruktur, dan minim kesalahan, sehingga meningkatkan efektivitas administrasi presensi di lingkungan sekolah.

Untuk mengantisipasi kesalahan presensi akibat kartu RFID yang hilang atau rusak, *website* presensi ini dilengkapi dengan fitur manajemen kartu pada *dashboard* admin. Melalui fitur tersebut, admin atau petugas tata usaha dapat mengganti UID kartu siswa dengan kartu RFID yang baru tanpa perlu mengubah data identitas siswa. UID kartu lama akan dinonaktifkan secara otomatis dan digantikan dengan UID baru yang terhubung langsung ke data siswa yang bersangkutan dan siswa akan bertanggung jawab untuk membayar kartu yang baru kepada pihak sekolah. Mekanisme ini memastikan proses presensi tetap berjalan dengan baik, menjaga keakuratan data kehadiran siswa, serta menghindari kebutuhan penggunaan teknologi biometrik tambahan seperti *face recognition*.

Tabel 3.6 Skenario *Black-box Testing Website Multi-User*

NO	Fungsi yang Diuji	Input/Kondisi Uji	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Login Admin	Username dan Password valid	Masuk ke <i>dashboard</i> admin	Sesuai	Pass
2	Login Guru	Username & Password valid	Masuk ke <i>dashboard</i> Guru	Sesuai	Pass
3	Login orang tua	Username & Password valid	Masuk ke <i>dashboard</i> orang tua yang menampilkan hanya data anaknya	Sesuai	Pass
4	Tambah kartu RFID	UID baru dimasukan, beserta nama anak dan NIS	Kartu berhasil ditambahkan	Sesuai	Pass
5	Edit keterangan absensi	Klik tombol edit	Keterangan berhasil diubah	Sesuai	Pass
6	Unduh data presensi	Klik tombol unduh	File Excel berhasil diunduh	Sesuai	Pass
7	Lihat <i>dashboard</i> kehadiran	Login dan akses <i>dashboard</i>	Data presensi anak tampil	Sesuai	Pass

Dari Tabel 3.6 di atas berikut penjelasan per *test case* untuk masing-masing pengujian *website multi-user* beserta dengan tindak lanjutnya jika gagal.

1. *Test Case* 10,11 dan 12 : Login admin/guru/orang tua
 - a. Jika berhasil: Pengguna masuk ke *dashboard* sesuai peran.
 - b. Jika gagal: Memeriksa autentikasi pengguna (*username/password*, *password* tidak terenkripsi dengan benar di *database* atau input tidak cocok dengan data di tabel pengguna) dan hak akses.
2. *Test Case* 13: Tambah kartu RFID oleh admin
 - a. Jika berhasil: Kartu berhasil ditambahkan ke dalam *database*.
 - b. Jika gagal: Validasi input UID, menghindari duplikasi UID dan cek koneksi dalam *database*.
3. *Test Case* 14: Edit keterangan absensi oleh guru/admin

- a. Jika berhasil: Keterangan berhasil diubah dan tersimpan.
 - b. Jika gagal: Memeriksa logika *update* data dan hak akses guru terhadap data siswa.
4. *Test Case* 15: Unduh data presensi oleh admin/guru
- a. Jika berhasil: File excel berhasil diunduh.
 - b. Jika gagal: Validasi fungsi *export* dan pastikan *server* tidak error.
5. *Test Case* 16: Lihat *dashboard* kehadiran anak oleh orang tua
- a. Jika berhasil: Data presensi tampil sesuai anaknya dan menampilkan *dashboard* anak tersebut hadir, sakit dan izin berapa kali dalam sebulan.
 - b. Jika gagal: Memeriksa relasi data siswa-orang tua dan *query* data perbulan.

Tabel 3.7 Skenario *Black-Box Testing* API WhatsApp

NO	Fungsi yang Diuji	Input/Kondisi Uji	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Kirim notifikasi ke orang tua saat tap kartu	Tap kartu valid	Pesan WhatsApp terkirim sesuai data	Sesuai	Pass
2	Koneksi lambat saat kirim pesan	<i>Delay</i> jaringan	Pesan tetap terkirim dengan <i>delay</i>	Sesuai	Pass
3	Isi pesan sesuai data presensi	Data presensi sinkron dengan isi pesan	Pesan sesuai dengan waktu dan status kehadiran	Sesuai	Pass

Dari Tabel 3.7 di atas berikut penjelasan per *test case* untuk masing-masing pengujian API WhatsApp beserta dengan tindak lanjutnya jika gagal.

- 1. *Test Case* 17: Kirim notifikasi ke orang tua saat tap kartu
 - a. Jika berhasil: Pesan WhatsApp terkirim sesuai data presensi.
 - b. Jika gagal: Memeriksa dan memperbaiki koneksi ke API, format pesan atau nomor tujuan.
- 2. *Test Case* 18: Koneksi lambat saat kirim pesan
 - a. Jika berhasil: Pesan tetap terkirim meskipun ada delay.

- b. Jika gagal: Menambahkan *retry mechanism* (mekanisme pengulangan otomatis ketika sistem gagal melakukan suatu proses) dan log eror untuk monitoring.
3. *Test Case* 19: Isi pesan sesuai data presensi
- a. Jika berhasil: Pesan sesuai dengan waktu dan status kehadiran.
 - b. Jika gagal: Memperbaiki format data dan memastikan sinkronisasi waktu dan isi pesan sesuai template.

Dengan dilakukannya 19 skenario pengujian yang mencakup perangkat keras, sistem *website multi-user*, dan API WhatsApp, diharapkan seluruh fungsi dari penerapan RFID pada sistem presensi sekolah dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Harapannya, seluruh *test case* dapat menghasilkan status *Pass* sehingga sistem dinyatakan layak untuk digunakan. Namun, apabila dalam proses pengujian ditemukan *test case* yang mengalami *Fail*, maka akan segera dilakukan perbaikan dan pengujian ulang.

Untuk mendokumentasikan proses ini, disediakan tabel tambahan pada Tabel 3.8 yang mencatat *test case* yang gagal beserta penyebab dan tindak lanjut perbaikannya. Hal ini penting mengingat platform pencatatan kehadiran ini dirancang untuk digunakan dalam jangka panjang oleh pihak sekolah sebagai solusi atas permasalahan ketidakefisienan metode presensi manual yang selama ini digunakan. Oleh karena itu, pengujian dilakukan secara menyeluruh dan berulang untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal dan andal dalam mendukung kegiatan administrasi sekolah.

Tabel 3.8 Pengujian ulang terhadap *Test Case* yang gagal

No	ID <i>Test Case</i>	Komponen	Deskripsi	<i>Output</i> Diharapkan	<i>Output</i> Aktual	Penyebab Kegagalan	Tindakan Perbaikan
1	TC-15	<i>Website</i>	Unduh data presensi	File Excel berhasil diunduh	<i>Export Failed: Server Timeout. Coba lagi nanti</i>	<i>Server overload</i> saat proses export	Optimasi fungsi <i>export</i> dan cek koneksi <i>database</i>
2	TC-18	API WhatsApp	Koneksi lambat	Pesan tetap terkirim	Tidak terkirim	Timeout koneksi ke API	Tambahkan <i>retry mechanism</i>

No	ID Test Case	Komponen	Deskripsi	Output Diharapkan	Output Aktual	Penyebab Kegagalan	Tindakan Perbaikan
			saat kirim pesan	meskipun <i>delay</i>			dan optimasi timeout API

3.6.1.2. Pengujian Usability (*System Usability Scale/SUS*)

System Usability Scale (SUS) adalah instrumen pengukuran yang dikembangkan oleh John Brooke untuk mengukur Tingkat kemudahan penggunaan (*usability*) system dari sudut pandang pengguna (Brooke, 1998). SUS terdiri dari 10 item pernyataan dengan skala Likert 1-5 (1 = sangat tidak setuju, 5 = sangat setuju) yang kemudian dikonversi ke skor 0-100. SUS banyak digunakan karena sederhana, cepat dan terbukti valid serta reliabel untuk berbagai jenis sistem (*hardware, software, website, aplikasi*). Pengukuran dengan SUS juga relevan dengan standar internasional usabilitas seperti ISO 9241-11 yang menekankan tiga aspek utama: efektivitas (*effectiveness*), efisiensi (*efficiency*), dan kepuasan pengguna (*satisfaction*) (Lewis 2017; ISO 2018).

Dalam penelitian ini, metode SUS digunakan untuk menilai kemudahan penerapan RFID IoT pada Sistem Presensi Siswa dari sudut pandang pengguna (admin, guru, orang tua dan siswa). Prosedur pengujian *Usability* sebagai berikut:

1. Responden diberikan akses *dashboard* web dengan password dan username untuk admin, guru dan orang tua. Untuk murid diberikan alat presensi untuk melakukan absen masuk dan pulang.
2. Setelah sesi penggunaan selama satu bulan, responden mengisi kuesioner SUS yang terdiri atas 10 item dengan skala Likert 1–5. Item bernomor ganjil bersifat positif, sedangkan item bernomor genap bersifat negatif.
3. Perhitungan skor dilakukan sebagai berikut:
 - a. Untuk item ganjil: skor kontribusi = nilai respons – 1
 - b. Untuk item genap: skor kontribusi = 5 – nilai respons
 - c. Jumlahkan seluruh skor kontribusi (maksimal 40), kemudian dikalikan dengan 2,5 → menghasilkan skor akhir 0–100 (Brooke, 1998).

Tabel 3.9 Interpretasi Hasil *System Usability Scale*

Rentang skor SUS	Interpretasi	Keterangan
≥ 85	<i>Excellent (A)</i>	Berdasarkan (Lewis & Sauro, 2018) target industri ≥ 80 untuk di atas rata-rata.
71,4-<85	<i>Good (B-C)</i>	Studi (Arifin, 2024): SKOR 72,66 “ <i>Good</i> ”.
50,9 – 71,4	<i>OK/Acceptable/Rata-rata (D-F)</i>	Lewis menyebut rata-rata SUS general Adalah 68.
< 50,9	<i>Poor/Perlu Perbaikan (F)</i>	Studi (Lestari dkk, 2021) menyebut skor <50 sudah berada di kategori “ <i>Poor</i> ”.

Berikut pernyataan pengujian *System Usability Scale* (SUS) yang digunakan untuk mengevaluasi sistem presensi RFID secara keseluruhan. Instrumen ini terdiri dari sepuluh pernyataan standar yang digunakan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem presensi berdasarkan pengalaman pengguna, sebagaimana ditunjukkan pada instrumen kuesioner yang disajikan pada Gambar 3.10:

1. Saya berpikir bahwa saya ingin menggunakan sistem ini secara rutin.
2. Saya menilai sistem ini terlalu rumit.
3. Saya menganggap sistem ini mudah digunakan.
4. Saya berpikir bahwa saya memerlukan bantuan teknis untuk dapat menggunakan sistem ini.
5. Saya menilai berbagai fungsi dalam sistem ini terintegrasi dengan baik.
6. Saya menganggap terdapat terlalu banyak inkonsistensi dalam sistem ini.
7. Saya membayangkan bahwa sebagian besar orang akan dapat mempelajari penggunaan sistem ini dengan cepat.
8. Saya menilai sistem ini sangat merepotkan untuk digunakan.
9. Saya merasa sangat percaya diri dalam menggunakan sistem ini.
10. Saya perlu mempelajari banyak hal sebelum dapat menggunakan sistem ini.

Kuesioner ini digunakan untuk menilai **kenyamanan penggunaan (usability)** dari Sistem Presensi RFID dan Website Dashboard Presensi di SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi.

Mari diuji untuk memberikan penilaian berdasarkan pengalaman mereka dalam menggunakan sistem presensi saat melakukan kehadiran di sekolah, sedangkan orang tua diminta untuk menilai **kenyamanan penggunaan website dashboard** dalam menerima data kehadiran anak.

Penilaian diberikan dengan memilih tingkat persetujuan pada setiap pernyataan sesuai dengan pengalaman masing-masing responden. Hasil kuesioner ini digunakan sebagai bahan evaluasi untuk mengetahui sejauh mana sistem presensi dan website dashboard sudah digunakan oleh pengguna.

CARA MENGISTI KUESIONER:

1. Bacalah setiap pernyataan dengan baik.
2. Pilih satu jawaban pada skala 1-5 sesuai pendapat Anda:
 - 1 = Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)
 - 2 = Tidak Setuju (Disagree)
 - 3 = Netral/Ragu-ragu (Neutral)
 - 4 = Setuju (Agree)
 - 5 = Sangat Setuju (Strongly agree)
3. Tidak ada jawaban benar atau salah. Pilih sesuai pengalaman dan kesan Anda.
4. Jika Anda merasa bingung pada suatu pernyataan, pilih jawaban yang paling mendekati pendapat Anda.
5. Mohon isi semua pertanyaan sampai selesai agar hasil penilaian dapat datang dengan baik.
6. Mohon dijawab: Pernyataan ganjil: 1,3,5,7,9 bersifat positif dan pernyataan genap: 2,4,6,8,10 bersifat negatif.

Saya berpikir bahwa saya ingin menggunakan sistem ini secara rutin *

1 2 3 4 5

Sangat Tidak Setuju ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sangat Setuju

Gambar 3.10 Instrumen Kuesioner pengujian SUS

Setiap responden diminta untuk memberikan penilaian terhadap setiap pernyataan menggunakan skala Likert 1–5, di mana nilai 1 menunjukkan *sangat tidak setuju* dan nilai 5 menunjukkan *sangat setuju*. Nilai yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi skor SUS dengan ketentuan bahwa pernyataan bernomor ganjil dihitung menggunakan rumus $(\text{nilai} - 1)$, sedangkan pernyataan bernomor genap dihitung menggunakan rumus $(5 - \text{nilai})$. Seluruh skor kontribusi dijumlahkan dan dikalikan dengan faktor 2,5 sehingga menghasilkan skor akhir SUS dalam rentang 0–100.

Hasil skor SUS selanjutnya diinterpretasikan mengacu pada klasifikasi yang dikemukakan oleh Lewis dan Sauro (2018), di mana skor ≥ 85 dikategorikan sebagai *excellent*, skor $70 < 85$ sebagai *good*, skor sekitar 68 sebagai *acceptable*, dan skor < 50 menunjukkan tingkat *usability* yang rendah atau memerlukan perbaikan lebih lanjut.

3.6.1.3. Pengujian Efisiensi, Efektivitas dan *Respons Real-Time* pada Penerapan RFID IoT

Pengujian pada penelitian ini tidak hanya difokuskan pada aspek fungsional sistem, tetapi juga pada aspek efisiensi, efektivitas, dan kemampuan *real-time* dari penerapan RFID pada sistem presensi berbasis IoT yang dikembangkan, pengujian ini dirancang berdasarkan hasil wawancara dengan guru dan admin tata usaha sekolah.

A. Pengujian Efisiensi Sistem

Pengujian efisiensi waktu bertujuan untuk membandingkan waktu yang diperlukan dalam proses pencatatan dan rekapitulasi kehadiran siswa antara metode manual dan sistem presensi RFID berbasis *Internet of Things*. Pengujian dilakukan menggunakan metode *observational time and motion study* dengan desain perbandingan sebelum dan setelah penerapan sistem (*before-and-after observational time-motion assessment*).

Metode *time and motion study* dilakukan dengan mengamati setiap aktivitas dalam suatu proses dan mencatat durasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Al-Moteri dkk. (2023) menggunakan metode ini melalui pengamatan langsung terhadap aktivitas dan pencatatan waktu setiap aktivitas. Radovich dkk. (2025) juga menerapkan desain *before-and-after observational time-motion assessment* dengan membandingkan waktu aktivitas sebelum dan setelah penerapan sistem elektronik.

Pengujian dilakukan selama lima hari sekolah, yaitu Senin sampai Jumat, pada satu kelas yang terdiri atas 33 siswa. Jumlah data presensi yang diuji adalah:

$$N = 33 \text{ siswa} \times 5 \text{ hari} = 165 \text{ data presensi}$$

Seluruh hasil pengukuran stopwatch dalam format menit dan detik dikonversi ke satuan detik agar dapat dijumlahkan dan dibandingkan secara konsisten.

Pengukuran tidak dilakukan dengan menghitung rentang waktu dari kegiatan pagi hingga rekap selesai karena proses manual berlangsung pada waktu yang berbeda. Oleh karena itu, waktu yang dihitung adalah waktu aktif yang digunakan untuk melaksanakan setiap aktivitas presensi.

1. Penetapan Titik Awal dan Akhir

Titik awal dan titik akhir pengukuran ditetapkan pada setiap aktivitas sebagai berikut.

Tabel 3.10 Tabel Titik Awal dan Titik Akhir Aktivitas Presensi

Aktivitas	Titik awal	Titik akhir
Pemanggilan siswa secara manual	Wali kelas mulai memanggil siswa pertama	Pemanggilan siswa terakhir selesai
Pencatatan status khusus	Wali kelas mulai menuliskan status siswa	Status siswa selesai dicatat
Rekap manual ke Microsoft Excel	Admin mulai memasukkan data pertama	Seluruh data selama lima hari selesai dimasukkan
Pemrosesan kartu RFID	UID kartu mulai terbaca	Respons server diterima oleh perangkat
Input manual pada dashboard	Wali kelas mulai memilih status siswa	Data berhasil disimpan

2. Pengujian Metode Manual

Pengujian metode manual dilakukan melalui tahapan berikut:

- Wali kelas melakukan presensi pagi dengan memanggil siswa satu per satu.
- Stopwatch diaktifkan ketika wali kelas mulai memanggil siswa pertama.
- Stopwatch dihentikan setelah pemanggilan siswa terakhir selesai.
- Wali kelas melengkapi status siswa yang terlambat, sakit, izin, atau alfa pada buku presensi.
- Berdasarkan hasil observasi, pencatatan satu status siswa pada buku presensi membutuhkan waktu 5 detik.
- Setelah data presensi selama lima hari terkumpul, admin memindahkan data dari buku presensi ke Microsoft Excel.
- Waktu rekap diukur sejak admin mulai memasukkan data pertama sampai seluruh data selama lima hari selesai dimasukkan.

Total waktu manual pada setiap hari dihitung menggunakan rumus:

$$T_{manual,d} = T_{panggil,d} + (N_{status,d} \times t_{input})$$

Keterangan:

$T_{manual,d}$ = total waktu manual pada hari ke- d ;

$T_{panggil,d}$ = waktu pemanggilan siswa pada hari ke- d ;

$N_{status,d}$ = jumlah data terlambat, sakit, izin, dan alfa;

t_{input} = waktu pencatatan satu status siswa, yaitu 5 detik.

Total waktu manual selama lima hari dihitung menggunakan rumus:

$$T_{manual} = \sum_{d=1}^5 T_{manual,d} + T_{rekap}$$

Keterangan:

T_{manual} = total waktu proses manual selama lima hari;

T_{rekap} = waktu rekap data dari buku presensi ke Microsoft Excel.

3. Pengujian Sistem RFID

- Perangkat RFID diaktifkan dan dihubungkan dengan jaringan internet serta *server* sistem presensi.
 - Siswa menempelkan kartu RFID pada perangkat ketika datang ke sekolah.
 - Perangkat membaca UID kartu, mengirimkan data ke *server*, memvalidasi waktu kedatangan, dan menentukan status hadir tepat waktu atau terlambat.
 - Waktu respons setiap transaksi diukur secara otomatis menggunakan fungsi `millis()` pada mikrokontroler.
 - Pengukuran dimulai ketika UID kartu terbaca dan dihentikan setelah perangkat menerima respons dari *server*.
 - Data siswa yang sakit, izin, atau tidak dapat melakukan tap karena kartu tertinggal dimasukkan secara manual melalui *dashboard*.
 - Waktu input manual pada *dashboard* dihitung sebesar 5 detik untuk setiap data.
 - Status alfa ditentukan secara otomatis oleh sistem setelah pukul 12.00 WIB sehingga tidak memerlukan input manual.
 - Rekap presensi terbentuk secara otomatis berdasarkan data pada basis data sehingga admin tidak perlu memasukkan ulang data ke Microsoft Excel.
- Waktu respons RFID yang tercatat dalam milidetik dikonversi menjadi detik.
- Total waktu sistem RFID pada setiap hari dihitung menggunakan rumus:

$$T_{RFID,d} = T_{tap,d} + (N_{manual,d} \times t_{input})$$

Keterangan:

$T_{RFID,d}$ = total waktu RFID pada hari ke- d ;

$T_{tap,d}$ = total waktu respons transaksi RFID;

$N_{manual,d}$ = jumlah data yang masih memerlukan input manual;

t_{input} = waktu input satu data.

Total waktu RFID selama lima hari dihitung menggunakan rumus:

$$T_{RFID} = \sum_{d=1}^5 T_{RFID,d}$$

Data siswa yang tidak melakukan tap tidak dimasukkan sebagai nilai nol dalam perhitungan waktu respons RFID. Data tersebut dicatat sebagai kondisi nontransaksi dan ditangani sesuai dengan mekanisme sistem.

4. Perhitungan Rata-Rata Waktu per Data Presensi

Rata-rata waktu per data digunakan agar metode manual dan RFID dibandingkan berdasarkan jumlah data yang sama, yaitu 165 data presensi.

Rata-rata waktu manual per data dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{t}_{manual} = \frac{T_{manual}}{N}$$

Rata-rata waktu RFID per data dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{t}_{RFID} = \frac{T_{RFID}}{N}$$

Keterangan:

$\bar{t}_{manual}$ = rata-rata waktu manual per data presensi;

$\bar{t}_{RFID}$ = rata-rata waktu RFID per data presensi;

N = jumlah keseluruhan data presensi, yaitu 165 data.

5. Perhitungan Efisiensi Waktu

Penghematan waktu dihitung menggunakan rumus:

$$\Delta T = T_{manual} - T_{RFID}$$

Persentase peningkatan efisiensi waktu dihitung menggunakan rumus:

$$E = \frac{T_{manual} - T_{RFID}}{T_{manual}} \times 100\%$$

Keterangan:

E = persentase peningkatan efisiensi waktu;

T_{manual} = total waktu proses manual;

T_{RFID} = total waktu proses menggunakan RFID.

Semakin besar persentase pengurangan waktu yang diperoleh, semakin tinggi peningkatan efisiensi waktu yang dihasilkan oleh sistem RFID dibandingkan metode manual.

B. Pengujian Respons *Real-Time* Sistem

Pengujian *real-time* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memperbarui informasi presensi pada *dashboard* secara otomatis dan menyampaikan notifikasi WhatsApp kepada orang tua setelah data presensi diproses oleh sistem. Pengujian terdiri atas pengujian pembaruan *dashboard* dan pengujian waktu penerimaan notifikasi WhatsApp.

Dalam penelitian ini, sistem dikategorikan sebagai *soft real-time* dengan pendekatan *near real-time*. Sistem tidak dituntut memberikan keluaran dalam batas waktu mutlak seperti pada *hard real-time*, tetapi informasi harus tersedia secara otomatis dan tetap relevan untuk digunakan dalam pemantauan kehadiran siswa.

Pengujian *dashboard* dilakukan untuk mengetahui apakah data presensi terbaru dapat ditampilkan secara otomatis tanpa pengguna melakukan *refresh* halaman secara manual. Pembaruan *dashboard* menggunakan mekanisme *polling* melalui fungsi *setInterval()*. Interval tersebut merupakan konfigurasi frekuensi permintaan data dari *browser* ke *server* dan tidak digunakan sebagai nilai latensi aktual tampilan.

Langkah pengujian *dashboard* dilakukan sebagai berikut:

1. *Dashboard* admin, wali kelas/guru, dan orang tua dibuka sesuai dengan hak akses masing-masing.
2. Siswa melakukan presensi menggunakan kartu RFID.
3. Sistem memproses dan menyimpan data presensi ke dalam basis data.
4. Pengamat memperhatikan perubahan informasi pada *dashboard* tanpa melakukan *refresh* halaman.
5. Informasi yang ditampilkan pada *dashboard* dibandingkan dengan data pada basis data.

6. Pengujian dinyatakan berhasil apabila data terbaru tampil secara otomatis dan informasi yang ditampilkan sesuai dengan data yang tersimpan.

Pengujian ini merupakan pengujian fungsional terhadap karakteristik *real-time dashboard*. Pengujian tidak menghasilkan nilai latensi aktual dari waktu data tersimpan sampai selesai dirender pada *browser* karena tidak dilakukan pencatatan *timestamp* pada kedua titik tersebut.

Pengujian notifikasi WhatsApp dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sejak sistem mengirimkan notifikasi sampai pesan diterima pada perangkat orang tua. Notifikasi dikirim menggunakan layanan WhatsApp API Fonnte setelah data presensi berhasil diproses oleh *server*.

Pengujian menggunakan pendekatan latensi *end-to-end* karena jalur pengiriman melibatkan aplikasi presensi, *server* Fonnte, layanan WhatsApp, jaringan, dan perangkat penerima.

Metode pengujian notifikasi WhatsApp dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sistem mengirimkan notifikasi kehadiran melalui WhatsApp API (Fontte) setelah data presensi berhasil tercatat di *server*.
2. Waktu pengiriman pesan (T_1) dicatat berdasarkan *timestamp* pada platform Fontte.
3. Orang tua diminta melakukan tangkapan layar (*screenshot*) notifikasi WhatsApp yang diterima sebagai bukti waktu penerimaan pesan (T_2).
4. Selisih waktu pengiriman dan penerimaan pesan ($\Delta T = T_2 - T_1$) dihitung sebagai waktu respons notifikasi WhatsApp.
5. Pengujian dilakukan pada sekitar 10 orang tua dengan *provider* dan kondisi jaringan yang berbeda untuk mengetahui konsistensi respons *real-time* notifikasi.

Indikator pengujian notifikasi meliputi:

1. Notifikasi dikirim secara otomatis setelah data presensi tercatat
2. pesan berhasil diterima pada perangkat orang tua
3. waktu penerimaan dapat dihitung berdasarkan T_1 dan T_2 ; dan
4. variasi waktu penerimaan pada kondisi jaringan berbeda dapat diidentifikasi.

Provider tidak diperlakukan sebagai satu-satunya penyebab variasi waktu. Provider dan jenis jaringan dicatat sebagai kondisi ketika pengujian berlangsung, sedangkan keterlambatan dapat terjadi pada berbagai bagian jalur pengiriman..

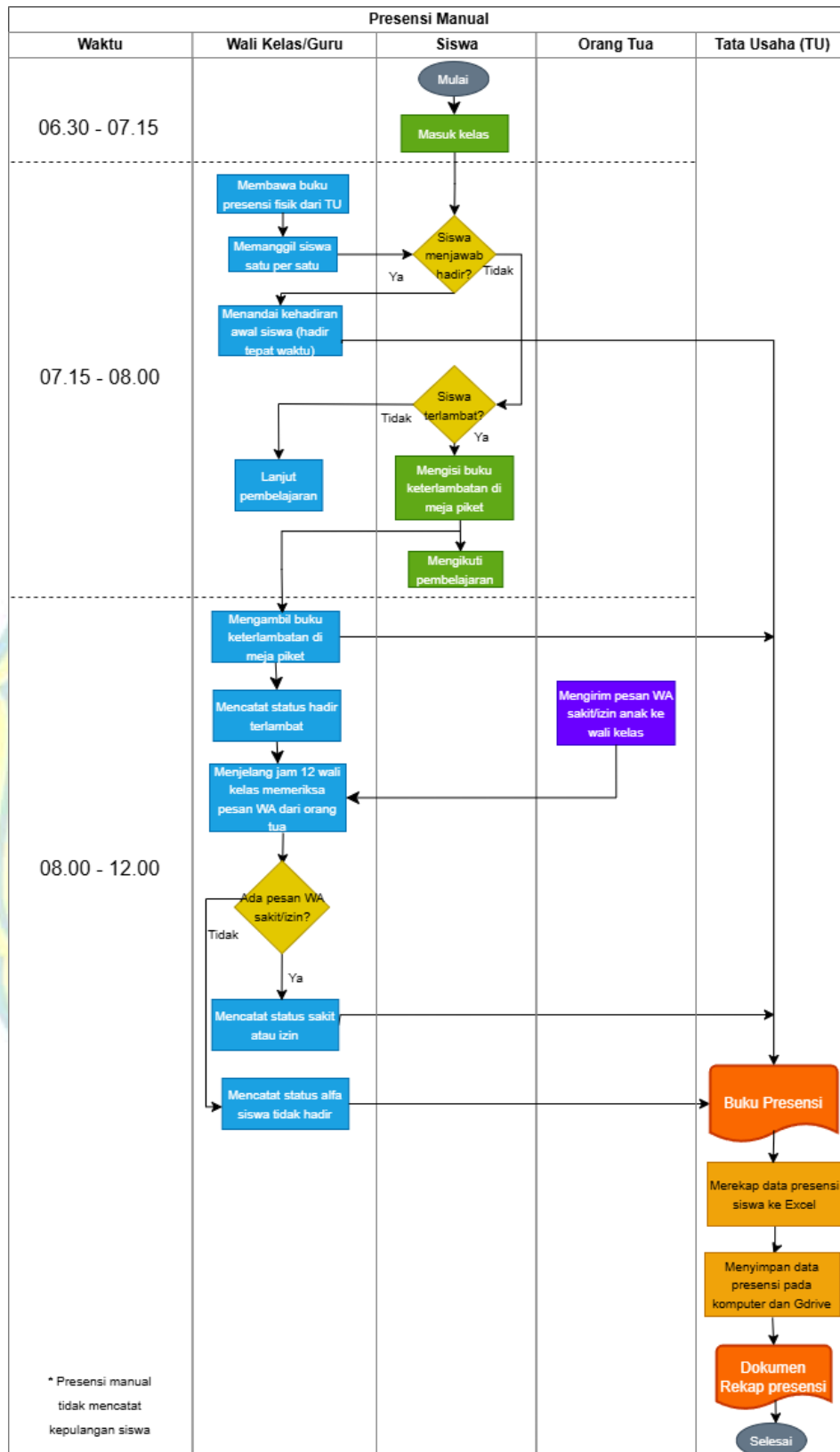
C. Pengujian Efektivitas Sistem Presensi

Pengujian efektivitas dilakukan untuk membandingkan kinerja sistem presensi manual dengan sistem presensi berbasis RFID dalam kondisi yang sama. Pengujian dilakukan pada satu kelas dengan jumlah 33 siswa sebagai objek penelitian sehingga hasil yang diperoleh bersifat terkontrol dan dapat dibandingkan secara langsung.

Pengujian dilakukan dengan mengamati seluruh proses presensi mulai dari pencatatan kehadiran hingga data siap digunakan untuk keperluan administrasi. Kedua metode diuji menggunakan skenario yang sama agar hasil perbandingan bersifat objektif. Selain itu, pengujian juga memperhatikan bagaimana data presensi dikelola dan dimanfaatkan oleh pengguna setelah proses presensi selesai dilakukan.

Perbedaan alur proses tersebut ditunjukkan melalui diagram swimlane pada Gambar 3.11 untuk sistem manual dan Gambar 3.12 untuk sistem presensi berbasis RFID. Diagram tersebut digunakan untuk memperlihatkan alur aktivitas, perpindahan proses, serta pihak-pihak yang terlibat pada masing-masing metode presensi. Pengukuran efektivitas dilakukan menggunakan tiga indikator yang disajikan pada Tabel 3.12, yaitu ketersediaan informasi, kelengkapan data, dan tingkat intervensi manual.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses presensi, pengamatan terhadap informasi yang tersedia bagi pengguna, serta analisis hasil pencatatan data presensi pada masing-masing metode. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menyediakan informasi yang dibutuhkan pengguna, menghasilkan data presensi yang lengkap, serta mengurangi keterlibatan aktivitas manual dalam proses pengelolaan data presensi.



Gambar 3.11 Diagram Swimlane Administrasi Presensi Manual

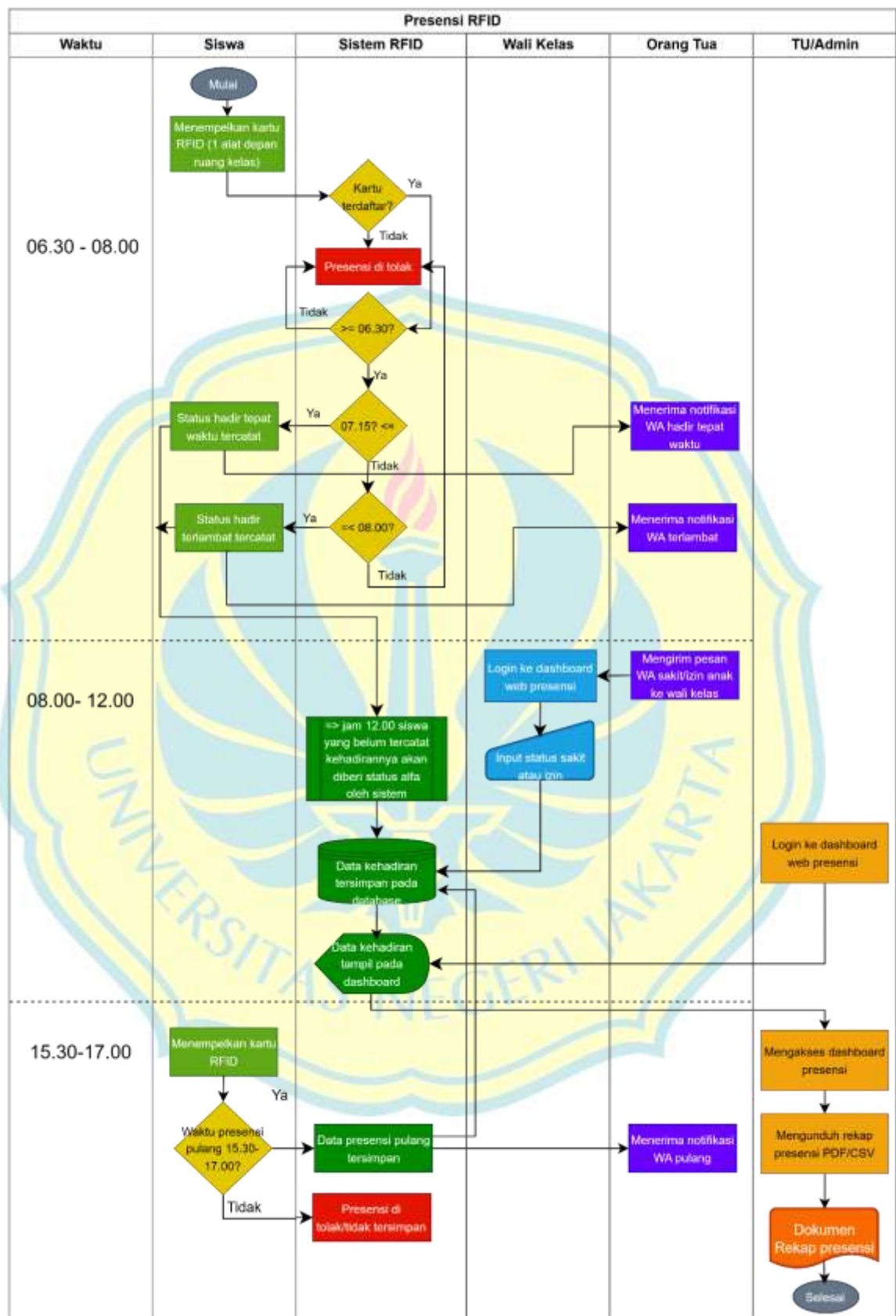
Pada sistem presensi manual yang dapat dilihat pada Gambar 3.11, pencatatan kehadiran siswa hanya dilakukan satu kali sebelum mata pelajaran pertama dimulai, yaitu pada rentang waktu pukul 06.30 hingga 07.15. Sistem presensi manual tidak melakukan presensi pada setiap jam mata pelajaran maupun presensi kepulangan siswa.

Pada proses ini, wali kelas atau guru mata pelajaran pertama mengambil buku presensi fisik dari ruang Tata Usaha (TU), kemudian memanggil siswa satu per satu di kelas sebelum pembelajaran dimulai pada pukul 07.15. Siswa yang hadir dan menjawab panggilan wali kelas pada rentang waktu tersebut akan mendapatkan status hadir tepat waktu dan proses pembelajaran dilanjutkan.

Apabila siswa datang setelah pukul 07.15, maka siswa dianggap terlambat dan diwajibkan mengisi buku keterlambatan yang berada di meja piket terlebih dahulu sebelum mengikuti pembelajaran. Selanjutnya wali kelas mengambil data keterlambatan dari buku keterlambatan dan mencatat status hadir terlambat pada buku presensi.

Untuk siswa yang sakit atau izin, orang tua diwajibkan mengirimkan informasi melalui WhatsApp kepada wali kelas sebelum pukul 12.00. Selanjutnya pada rentang waktu pukul 08.00 hingga 12.00 wali kelas melakukan pengisian status kehadiran siswa yang masih kosong pada buku presensi. Status hadir terlambat diperoleh dari buku keterlambatan siswa, sedangkan status sakit dan izin diperoleh dari informasi WhatsApp yang dikirimkan orang tua kepada wali kelas.

Apabila hingga pukul 12.00 masih terdapat siswa yang belum memiliki status kehadiran, baik hadir tepat waktu, terlambat, sakit, maupun izin, maka wali kelas akan mencatat siswa tersebut dengan status alfa atau tidak hadir. Setelah seluruh status kehadiran siswa terisi, buku presensi dikembalikan kepada pihak Tata Usaha untuk direkap ulang ke dalam Microsoft Excel dan disimpan sebagai dokumen administrasi presensi sekolah.



Gambar 3.12 Diagram Swimlane Administrasi Presensi RFID

Pada sistem presensi RFID berbasis IoT yang dapat dilihat pada Gambar 3.12, siswa melakukan presensi dengan menempelkan kartu RFID pada perangkat *reader* yang tersedia di depan ruang kelas. Sistem kemudian melakukan pengecekan apakah kartu RFID telah terdaftar pada *database*. Jika kartu tidak terdaftar, maka presensi ditolak oleh sistem. Apabila kartu RFID terdaftar, sistem akan membaca waktu presensi siswa. Presensi hanya dapat dilakukan pada rentang waktu pukul 06.30 hingga 08.00. Jika siswa melakukan presensi di bawah pukul 06.30 atau di atas pukul 08.00, maka presensi akan ditolak oleh sistem. Siswa yang melakukan presensi pada rentang pukul 06.30 hingga sebelum pukul 07.15 akan mendapatkan status hadir tepat waktu, sedangkan siswa yang melakukan presensi pada rentang pukul 07.15 hingga pukul 08.00 akan mendapatkan status hadir terlambat. Status kehadiran tersebut secara otomatis tersimpan pada *database* dan ditampilkan pada *dashboard website*.

Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi, notifikasi WhatsApp otomatis diprioritaskan untuk informasi kehadiran harian siswa saat presensi masuk, yaitu status hadir tepat waktu dan terlambat, serta notifikasi kepulangan siswa. Informasi tersebut dinilai sebagai informasi yang paling penting untuk dipantau orang tua secara langsung dan *real-time*. Dokumentasi hasil diskusi tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1, Wawancara 6 dengan Ustazah Fauziah, S.Pd.

Untuk siswa dengan status sakit atau izin, orang tua tetap mengirimkan informasi melalui WhatsApp kepada wali kelas. Selanjutnya wali kelas melakukan *login* pada *dashboard website* presensi untuk menginput status sakit atau izin ke dalam sistem.

Apabila hingga pukul 12.00 siswa belum memiliki status kehadiran seperti hadir tepat waktu, terlambat, sakit, maupun izin, maka sistem secara otomatis menetapkan status alfa pada siswa tersebut. Status alfa tidak dikirimkan secara otomatis melalui WhatsApp karena berdasarkan hasil diskusi dengan pihak sekolah, status tersebut memerlukan verifikasi lebih lanjut oleh wali kelas untuk menghindari kesalahan informasi akibat kondisi tertentu, seperti siswa lupa melakukan tap kartu RFID atau keterlambatan informasi izin dari orang tua.

Selain presensi masuk, sistem juga mendukung presensi kepulangan siswa. Presensi pulang dilakukan dengan menempelkan kartu RFID pada rentang waktu pukul 15.30 hingga 17.00. Jika presensi dilakukan pada rentang waktu tersebut, maka data kepulangan siswa akan tersimpan pada *database* dan sistem mengirimkan notifikasi WhatsApp kepulangan kepada orang tua. Seluruh data kehadiran dapat diakses melalui *dashboard website* oleh wali kelas maupun Tata Usaha, serta dapat diunduh dalam bentuk dokumen rekap presensi PDF atau CSV.

Tabel 3.11 Batasan Operasional Sistem Presensi di SMP IA Bukittinggi

Aspek	Batasan operasional
Ruang lingkup presensi	Sistem mencatat presensi masuk dan pulang satu kali dalam satu hari serta tidak mencatat kehadiran pada setiap jam mata pelajaran
Status presensi	Status kehadiran terdiri atas hadir tepat waktu (H), terlambat (T), sakit (S), izin (I), dan alfa (A)
Presensi masuk	Siswa melakukan pemindaian kartu pada waktu presensi masuk yang telah ditetapkan sekolah
Sakit, izin dan alfa	Status sakit dan izin dimasukkan oleh wali kelas, sedangkan alfa diberikan otomatis apabila siswa belum memiliki status hingga batas waktu yang ditentukan
Presensi pulang	Presensi pulang dilakukan menggunakan kartu RFID pada rentang waktu kepulangan yang ditetapkan sekolah
Notifikasi	Notifikasi WhatsApp otomatis dibatasi pada status hadir, terlambat, dan pulang
Rekap presensi	Rekap dapat difilter berdasarkan kelas, siswa, jenis presensi, dan periode serta diunduh dalam format CSV atau PDF

Batasan operasional tersebut digunakan sebagai dasar dalam membandingkan proses administrasi presensi manual pada Gambar 3.11 dengan sistem presensi RFID pada Gambar 3.12.

Tabel 3.12 Instrumen Pengumpulan Data Pengujian Efektivitas

No	Indikator Efektivitas	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Satuan
1	Ketersediaan Informasi	Ketersediaan informasi presensi yang dapat diakses oleh pengguna setelah proses presensi dilakukan	Observasi dan checklist ketersediaan informasi	Jumlah informasi tersedia
2	Kelengkapan Data	Persentase data presensi yang tercatat dibandingkan data yang seharusnya tercatat	Perhitungan missing record	Persen (%)
3	Tingkat Intervensi Manual	Jumlah aktivitas yang masih memerlukan keterlibatan manusia dalam pengolahan data presensi	Observasi aktivitas kerja	Jumlah Aktivitas

Dari Tabel 3.13 di atas, indikator ketersediaan informasi diukur berdasarkan keberadaan informasi yang dapat diakses oleh pengguna setelah proses presensi dilakukan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jenis informasi yang tersedia pada sistem manual dan sistem RFID, meliputi data kehadiran siswa, riwayat presensi, rekap presensi, serta informasi yang dapat diakses oleh orang tua. Indikator kelengkapan data diukur berdasarkan jumlah data presensi yang berhasil tercatat dibandingkan dengan jumlah data yang seharusnya tercatat. Indikator tingkat intervensi manual diukur berdasarkan jumlah aktivitas yang masih memerlukan keterlibatan manusia dalam proses pencatatan, pengolahan, dan penyajian data presensi.

Seluruh pengujian dilakukan pada kelas yang sama untuk memastikan bahwa perbedaan hasil yang diperoleh benar-benar disebabkan oleh perbedaan metode sistem, bukan oleh faktor eksternal. Hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel perbandingan antara metode manual dan RFID untuk setiap indikator yang telah ditentukan.

Dengan demikian, pengujian efektivitas ini memberikan dasar analitis untuk menilai sejauh mana sistem RFID mampu meningkatkan kualitas pengelolaan

administrasi presensi dibandingkan dengan sistem presensi manual yang digunakan sebelumnya. Hasil tersebut selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut pada bab berikutnya untuk memperoleh kesimpulan penelitian.

3.6.1.4. Pengujian Beban Pengguna (*Load Testing*)

Pengujian beban pengguna dilakukan untuk mengetahui kemampuan website sistem presensi dalam memproses permintaan ketika diakses oleh sejumlah pengguna dalam waktu yang hampir bersamaan. Pengujian difokuskan pada pengguna website, yaitu orang tua, wali kelas, dan admin tata usaha. Siswa tidak termasuk sebagai pengguna website karena siswa berinteraksi dengan sistem melalui perangkat presensi RFID.

Penentuan batas jumlah pengguna didasarkan pada hasil observasi dan identifikasi pengguna potensial di SMP Islam Al-Azhar Bukittinggi. Pengguna tersebut terdiri atas 93 orang tua, tiga wali kelas, dan satu admin tata usaha sehingga jumlah keseluruhan pengguna potensial adalah 97 orang. Jumlah tersebut dibulatkan menjadi 100 pengguna sebagai batas atas pengujian untuk mempermudah penyusunan tingkat beban dan memberikan ruang pengujian sedikit di atas jumlah pengguna aktual.

Beban maksimum 100 pengguna dibagi menjadi lima tingkatan dengan interval yang sama, yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 pengguna virtual. Tingkatan tersebut masing-masing merepresentasikan sekitar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari batas atas pengguna yang telah ditetapkan. Pembagian beban secara bertingkat digunakan untuk mengamati perubahan kinerja sistem secara konsisten pada setiap penambahan 20 pengguna virtual. Pemilihan tingkatan ini juga mengacu pada penelitian Xu (2024), yang menggunakan 20, 40, 60, 80, dan 100 pengguna konkuren dalam pengujian kinerja sistem informasi manajemen mahasiswa.

Pengujian dilakukan menggunakan Apache JMeter dengan konfigurasi pada tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.13 Skenario dan Pengujian Beban Pengguna (Load Testing)

Komponen Pengujian	Konfigurasi
Jumlah pengguna virtual	20, 40, 60, 80 dan 100 pengguna
Ramp-up period	1 detik
Loop count	1 kali

Komponen Pengujian	Konfigurasi
Skenario akses	Login, mengakses dashboard dan menampilkan data presensi
Parameter pengukuran	<i>Average response time, throughput, dan error rate</i>
Lingkungan sistem	Website pada server hosting dan basis data terpusat

Pada setiap tingkat pengujian, digunakan *ramp-up period* selama satu detik. Konfigurasi tersebut menyebabkan seluruh pengguna virtual pada masing-masing skenario diaktifkan dalam rentang waktu satu detik sehingga menghasilkan kondisi akses yang hampir bersamaan. Namun, karena tidak menggunakan mekanisme sinkronisasi khusus, permintaan tidak dinyatakan dikirim pada milidetik yang tepat sama.

Setiap pengguna virtual menjalankan skenario pengujian sebanyak satu kali. Hasil dari setiap tingkat beban dicatat berdasarkan waktu respons rata-rata, jumlah permintaan yang dapat diproses setiap detik, dan persentase permintaan yang mengalami kegagalan. Hasil tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui perubahan kinerja *website* ketika jumlah pengguna virtual meningkat dari 20 hingga 100 pengguna.

3.6.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan dua pendekatan, yaitu deskriptif kualitatif untuk pengujian fungsional sistem dan *SUS Scoring* untuk pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Pemilihan kedua teknik ini didasarkan pada karakteristik data yang dihasilkan dari masing-masing metode pengujian.

Pada pengujian *black-box*, analisis dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Teknik ini digunakan karena data yang dihasilkan dari pengujian *black-box* berupa informasi non-numerik, yaitu hasil pengamatan terhadap kesesuaian fungsi sistem dengan kebutuhan pengguna dan logika alur kerja sistem. Setiap skenario pengujian dibandingkan antara *output* yang diharapkan dengan *output aktual* yang muncul selama proses pengujian. Apabila

output aktual sesuai dengan *output yang diharapkan*, maka fungsi tersebut dikategorikan “*Pass*”; sebaliknya apabila berbeda, maka dikategorikan “*Fail*”. Analisis deskriptif kualitatif kemudian dilakukan dengan mendeskripsikan penyebab ketidaksesuaian, kondisi lingkungan pengujian, potensi error, serta perilaku sistem pada setiap skenario. Pendekatan ini membantu memberikan gambaran mendalam mengenai performa sistem, stabilitas fungsi, dan konsistensi hasil yang ditampilkan tanpa melibatkan perhitungan statistik. Contoh narasinya sebagai berikut, berdasarkan pengujian menggunakan metode *black-box*, sistem diuji melalui beberapa skenario seperti tap kartu terdaftar, kartu tidak terdaftar, presensi di luar jam, serta kondisi offline. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada skenario kartu terdaftar dalam rentang waktu presensi, sistem menampilkan notifikasi berhasil, data tercatat pada *database*, dan informasi presensi tampil pada *website*. Sebaliknya, pada kartu tidak terdaftar sistem menolak presensi dan menampilkan pesan penolakan. Dengan demikian, fungsi validasi kartu dan validasi waktu berjalan sesuai kebutuhan pengguna

Sementara itu, pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) dianalisis menggunakan *SUS Scoring* sesuai metode asli yang dikembangkan oleh John Brooke. Teknik ini digunakan karena penilaian SUS tidak hanya berupa angka biasa, tetapi harus melalui proses penghitungan khusus untuk menghasilkan skor *usability* yang valid. Setiap jawaban pada skala Likert dikonversi menjadi skor kontribusi: untuk item bernomor ganjil (1, 3, 5, 7, 9) nilai jawaban dihitung dengan rumus $(\text{nilai} - 1)$, sedangkan untuk item bernomor genap (2, 4, 6, 8, 10) dihitung menggunakan rumus $(5 - \text{nilai})$. Nilai kontribusi dari seluruh item kemudian dijumlahkan, lalu dikalikan 2,5, sehingga menghasilkan skor akhir SUS dalam rentang 0–100. Skor inilah yang menjadi representasi tingkat *usability* sistem secara keseluruhan. Semakin tinggi skor yang diperoleh, semakin baik tingkat kemudahan penggunaan yang dirasakan oleh pengguna menurut standar SUS.

Sedangkan untuk pengujian efisiensi, efektivitas dan *real-time* pada penerapan RFID untuk sistem presensi disesuaikan juga dengan karakteristik data yang dihasilkan dari masing-masing jenis pengujian.

Teknik analisis data pada pengujian efisiensi dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan indikator utama berupa total waktu proses

presensi. Efisiensi dalam penelitian ini didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pencatatan kehadiran siswa secara keseluruhan, mulai dari waktu awal (A) ketika proses presensi dimulai hingga waktu akhir (B) ketika seluruh siswa dalam satu kelas telah diberikan status kehadiran dan proses rekap presensi selesai dilakukan.

Pengukuran efisiensi dilakukan pada dua metode, yaitu metode manual dan metode presensi dengan menerapkan RFID berbasis IoT, dengan pendekatan yang sama sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara objektif. Pengujian dilakukan pada satu kelas dengan jumlah 33 siswa sebagai satu siklus proses presensi.

Data efisiensi diperoleh melalui pengukuran waktu nyata (*real-time*), di mana waktu awal (A) dicatat saat proses presensi dimulai dan waktu akhir (B) dicatat setelah seluruh proses pencatatan kehadiran selesai, termasuk rekap data keterlambatan, pencatatan izin dan sakit, serta penentuan status alfa. Total waktu presensi pada masing-masing metode dihitung menggunakan rumus: Total Waktu Presensi = $B - A$

Hasil pengukuran waktu dari masing-masing metode kemudian dibandingkan untuk mengetahui selisih waktu dan tingkat efisiensi sistem RFID dalam mempercepat proses pencatatan kehadiran siswa.

Selain itu, pada metode RFID dilakukan pengukuran tambahan berupa waktu respons sistem (*response time*) menggunakan fungsi *millis()* pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Waktu respons dihitung sebagai selisih antara waktu saat kartu RFID terbaca (T_1) dan waktu saat sistem menerima respons dari *server* (T_2). Pengukuran ini digunakan sebagai indikator kinerja teknis sistem, namun tidak menjadi indikator utama dalam perhitungan efisiensi.

Sementara itu, Teknik analisis data pada pengujian *real-time* dilakukan secara deskriptif. Pada dashboard, analisis didasarkan pada keberhasilan data presensi tampil otomatis tanpa *refresh* dan sesuai dengan basis data melalui mekanisme *polling*. Pada notifikasi WhatsApp, analisis dilakukan berdasarkan selisih waktu pengiriman (T_1) dan waktu pesan diterima (T_2) menggunakan rumus ($\Delta T = T_2 - T_1$) untuk melihat variasi waktu penerimaan pada kondisi jaringan yang berbeda.

Lalu, teknik analisis data pada pengujian efektivitas dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif komparatif dengan membandingkan dua sistem presensi, yaitu metode manual dan metode presensi berbasis RFID.

Analisis efektivitas didasarkan pada beberapa indikator, yaitu jumlah tahapan kerja, waktu ketersediaan data, kelengkapan data, tingkat intervensi manual, dan status ketersediaan informasi. Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses presensi serta pengukuran waktu menggunakan stopwatch.

Indikator jumlah tahapan kerja diukur berdasarkan jumlah langkah yang diperlukan sejak proses presensi dimulai hingga data siap digunakan. Indikator waktu ketersediaan data diukur berdasarkan durasi waktu dari presensi dilakukan hingga data dapat diakses. Indikator kelengkapan data dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah data presensi yang tercatat dengan jumlah data yang seharusnya tercatat. Indikator tingkat intervensi manual diukur dari jumlah aktivitas yang dilakukan secara manual dalam pengolahan data. Sedangkan indikator status ketersediaan informasi diklasifikasikan berdasarkan bentuk ketersediaan data, yaitu manual atau *real-time*.

Pengujian efektivitas dilakukan pada satu kelas yang sama dengan jumlah 33 siswa untuk kedua metode, sehingga perbedaan hasil yang diperoleh mencerminkan perbedaan kinerja sistem, bukan dipengaruhi oleh faktor eksternal. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel perbandingan antara metode manual dan RFID untuk setiap indikator yang telah ditentukan.

Data yang diperoleh dari hasil observasi dan pengukuran kemudian dihitung dan disajikan dalam bentuk tabel perbandingan. Sistem dinilai lebih efektif apabila menunjukkan jumlah tahapan yang lebih sedikit, waktu ketersediaan data yang lebih cepat, tingkat kelengkapan data yang lebih tinggi, intervensi manual yang lebih rendah, serta ketersediaan informasi secara *real-time*.

Pengujian *load testing* dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, dengan menilai kinerja sistem berdasarkan hasil pengukuran metrik performa ketika *website* presensi diakses oleh sejumlah pengguna secara bersamaan (*concurrent user*). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem

dalam mempertahankan kestabilan dan responsivitas layanan pada kondisi beban akses yang merepresentasikan penggunaan operasional sekolah.

Analisis *load testing* dilakukan dengan mengamati beberapa parameter utama, yaitu waktu respons (*response time*), *throughput*, dan tingkat kegagalan permintaan (*error rate*) yang dihasilkan dari simulasi akses simultan pengguna. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan sejumlah pengguna yang mengakses fitur utama *website* presensi, meliputi proses *login*, akses *dashboard* presensi, serta penampilan data kehadiran siswa. Nilai waktu respons dianalisis berdasarkan rata-rata dan persentil (misalnya *95th percentile*) untuk menggambarkan performa sistem terhadap mayoritas pengguna.

Sistem dinilai mampu menangani beban akses dengan baik apabila nilai waktu respons berada dalam batas yang dapat diterima, tingkat error tetap rendah, dan sistem tetap dapat melayani seluruh permintaan pengguna tanpa mengalami kegagalan layanan. Hasil pengujian *load testing* kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, serta dideskripsikan untuk menunjukkan sejauh mana sistem presensi berbasis web mampu menangani akses pengguna secara bersamaan pada kondisi beban yang sesuai dengan kebutuhan operasional sekolah. Pengujian ini digunakan sebagai indikator awal performa sistem, sedangkan pengujian beban lanjutan dengan skala pengguna yang lebih besar menjadi ruang pengembangan pada penelitian selanjutnya.