

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan rancangan evaluatif dan pengujian eksperimental. Menurut Sugiyono (2023), penelitian kuantitatif berlandaskan filsafat positivisme, menggunakan data terukur, dan menganalisisnya secara statistik untuk menguji hipotesis. Pendekatan ini dipilih karena penelitian menghasilkan data numerik dari pengujian prototipe, meliputi keberhasilan akses, waktu respons, pencatatan log, dan efisiensi operasional.

Analisis dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menguji prototipe sistem RFID dan sistem konvensional sebagai pembandingan. Tahap kedua menggunakan *Analytical Hierarchy Process* untuk menentukan bobot aspek berdasarkan penilaian ahli. Data AHP diolah menggunakan *Microsoft Excel* melalui matriks perbandingan berpasangan, normalisasi, perhitungan bobot, dan uji konsistensi dengan *Consistency Ratio* agar perhitungan transparan (Goepel, 2018).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kantor dan *workshop* CV Jayadharma Indo Energy. Lokasi penelitian dipilih karena memungkinkan pelaksanaan pengujian prototipe secara terkontrol, pengambilan data teknis, serta observasi terhadap mekanisme kerja sistem pengunci panel listrik berbasis RFID.

Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 4 bulan, yaitu pada bulan April 2026 sampai Juli 2026. Rentang waktu tersebut mencakup tahap persiapan penelitian, pengumpulan data, pengujian sistem, pengolahan data, analisis hasil, dan penyusunan laporan penelitian.

3.3 Objek dan Subjek Penelitian

3.3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah prototipe sistem pengunci panel listrik berbasis RFID yang digunakan sebagai alternatif pengganti mekanisme kunci panel listrik konvensional. Sistem ini dirancang untuk mendukung pengendalian akses digital melalui identifikasi kartu RFID, pembatasan akses

pengguna, dan pencatatan aktivitas akses. Selain objek utama tersebut, penelitian ini juga menggunakan sistem pengunci panel listrik konvensional sebagai objek pembanding, khususnya dalam analisis efisiensi operasional dan keamanan akses

3.3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah para ahli yang dilibatkan dalam pengisian kuesioner *Analytical Hierarchy Process*. Ahli dipilih karena penelitian memerlukan penilaian prioritas terhadap aspek dan subaspek kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. AHP menggunakan perbandingan berpasangan untuk menilai tingkat kepentingan antara kriteria sehingga penilaian perlu diberikan oleh pihak yang memahami konteks teknis, operasional, keamanan akses, dan kelayakan ekonomi dari sistem pengunci panel listrik berbasis RFID itu sendiri (Saaty, 2008).

Penelitian ini tidak menggunakan responden pengguna umum sebagai sumber utama pembobotan karena tujuan penelitian bukan mengukur persepsi kepuasan pengguna, melainkan meniali kelayakan implementasi sistem melalui ahli dan data penhujian prototipe. Dengan demikian, data penelitian dapat diperoleh dari pengujian sistem, perbandingan dengan sistem konvensional, analisis ekonomi teknik, serta AHP dari ahli.

3.3.3 Kriteria Sampel Uji

Sampel uji dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan kebutuhan pengukuran performa sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Sampel uji tidak berupa responden pengguna umum, tetapi berupa unit pengujian yang digunakan untuk memperoleh data eksperimen. Sampel uji terdiri atas kartu RFID terdaftar, kartu RFID tidak terdaftar, prototipe sistem pengunci RFID, dan sistem pengunci konvensional sebagai pembanding.

Kriteria sampel uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kartu RFID terdaftar adalah kartu yang UID-nya telah dimasukkan ke dalam sistem dan seharusnya memperoleh akses.
2. Kartu RFID tidak terdaftar adalah kartu yang UID-nya tidak dimasukkan ke dalam sistem dan seharusnya ditolak oleh sistem.

3. Kartu RFID yang digunakan berada dalam kondisi fisik baik, dapat dibaca oleh reader, dan memiliki UID yang berbeda.
4. Pengujian dilakukan pada kondisi prototipe yang sama agar hasil antarpercobaan dapat dibandingkan.
5. Sistem konvensional yang digunakan sebagai pembanding adalah mekanisme kunci manual yang umum digunakan pada panel listrik.
6. Pengujian dilakukan minimal 30 kali untuk setiap skenario utama, dikarenakan ukuran sample yang layak untuk pengujian berada pada 30 – 500 kali uji sample (Memon et al., 2020).

3.3.4 Kriteria Ahli untuk Kuesioner AHP

Ahli dalam penelitian ini adalah pihak yang memiliki pengetahuan, pengalaman, atau kewenangan untuk menilai tingkat kepentingan aspek dan subaspek kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Pemilihan ahli dilakukan secara *purposive* karena ahp bertumpu pada penilaian pihak yang memahami persoalan keputusan, bukan dari jumlah responden besar serta survei populasi (Saaty, 2008).

Jumlah ahli yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan sebanyak 5 orang. Jumlah tersebut dipilih agar penilaian tidak hanya berasal dari satu sudut pandang, tetapi mencakup perspektif kelistrikan, otomasi, teknik industri, keamanan akses, dan operasional fasilitas. Dalam AHP, validitas penilaian lebih ditentukan oleh kompetensi dan konsistensi ahli daripada besarnya jumlah responden (Saaty & Özdemir, 2014).

Jumlah ideal ahli yang dapat digunakan adalah 5 orang. Penetapan ahli dilakukan untuk menjaga keberagaman sudut pandang dan mengurangi subjektivitas penilaian tunggal. Namun, data ahli hanya digunakan apabila seluruh perbandingan berpasangan diisi lengkap dan memenuhi batas konsistensi yang dapat digunakan dalam AHP (Goepel, 2018).

Kriteria ahli yang dapat dilibatkan dalam pengisian kuesioner AHP disusun berdasarkan tiga aspek utama penelitian ini seperti kaidah pemilihan ahli dalam metode AHP. Kriteria pengalaman dan peran dalam pengambilan keputusan teknis merujuk pada prinsip pemilihan ahli secara *purposive*

berdasarkan kompetensi (Saaty, 2008). Kriteria pemahaman terhadap panel listrik dan sistem kontrol akses disusun berdasarkan karakteristik objek penelitian sebagaimana dibahas pada bagian sistem RFID (Tidar et al., 2025).

Kriteria kemampuan menilai keamanan akses dan efisiensi operasional merefleksikan dua dari tiga aspek utama penilaian kelayakan pada penelitian ini (Ningrum & Basyir, 2022). Sedangkan kriteria kemampuan menilai ekonomi teknik merefleksika aspek ketiga yang berkaitan dengan analisis biaya dan manfaat implementasi (Mulyadi, 2010). Adapun kriteria kesediaan mengisi kuesioner secara lengkap ditetapkan agar data hanya digunakan apabila memenuhi syarat konsistensi yang dapat diuji (Goepel, 2018). Ketujuh kriteria tersebut disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Kriteria Pemilihan Ahli

No	Kriteria Ahli	Syarat Minimal	Alasan Pemilihan
1	Pengalaman pada bidang yang relevan	Memiliki pengalaman minimal 2 tahun dalam bidang kelistrikan, otomasi, maintenance, teknik industri, sistem keamanan, atau manajemen operasional.	Ahli perlu memahami konteks teknis dan operasional sistem pengunci panel listrik berbasis RFID.
2	Pemahaman terhadap panel listrik atau sistem kontrol akses	Pernah menangani, menggunakan, mengawasi, atau mempelajari panel listrik, sistem penguncian, sistem RFID, atau sistem kontrol akses.	Penelitian berkaitan dengan pengamanan panel listrik, sehingga ahli harus memahami risiko dan kebutuhan pengendalian akses.
3	Kemampuan menilai aspek keamanan akses	Memahami pembatasan akses, otorisasi pengguna, pencatatan akses, keterlacakan UID, atau pengawasan fasilitas teknis.	Keamanan akses merupakan aspek kritis karena panel listrik berhubungan dengan keselamatan dan kontinuitas operasional.
4	Kemampuan menilai efisiensi operasional	Mampu menilai dampak sistem terhadap kecepatan kerja, pengurangan langkah manual, kemudahan penggunaan, dan kemudahan audit.	Sistem RFID tidak hanya dinilai dari fungsi alat, tetapi juga dari dampaknya terhadap proses kerja pengguna.

No	Kriteria Ahli	Syarat Minimal	Alasan Pemilihan
5	Kemampuan menilai aspek ekonomi teknik	Memahami biaya komponen, biaya operasional, pemeliharaan, manfaat implementasi, atau pengambilan keputusan investasi sederhana.	Analisis kelayakan membutuhkan penilaian terhadap biaya, manfaat, dan rasionalitas implementasi sistem.
6	Kesediaan mengisi kuesioner AHP secara lengkap	Bersedia mengisi seluruh pertanyaan perbandingan berpasangan sesuai petunjuk skala AHP.	Data AHP hanya dapat digunakan apabila seluruh perbandingan diisi secara lengkap dan dapat diuji konsistensinya.
7	Peran yang relevan dalam pengambilan keputusan teknis atau operasional	Berasal dari unsur teknis, engineer, supervisor, dosen, praktisi otomasi, atau pihak manajemen teknis.	Peran ahli harus sesuai dengan kebutuhan penilaian agar hasil pembobotan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Tabel 3. 2 Alat Penelitian

No	Alat	Keterangan
1	Laptop	Pemrograman dan Pengolahan data
2	Arduino Uno	Kontroler Utama
3	Modul RFID Reader	RC522
4	Kartu RFID	13,56 MHZ
5	Relay Module	1 Channel
6	Solenoid Lock	12 VDC
7	LCD I2C 16x2	Indikator Visual
8	Catu Daya 12 VDC	Power Utama
9	Bread Board	Termasuk alat pendukung lainnya
10	Stopwatch	Alat bantu pencatatan waktu respon
11	Software	Arduino IDE, Microsoft Excel

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Data hasil pengujian pembacaan kartu RFID.
2. Data waktu respons sistem.
3. Data hasil penolakan akses kartu tidak sah.
4. Data pencatatan log akses.
5. Data perbandingan penggunaan sistem konvensional dan RFID.
6. Data Ekonomi teknis HPP, BEP, dan BCR
7. Data hasil kuesioner perbandingan berpasangan AHP dari ahli.
8. Dokumen pendukung, literatur, dan referensi teknis yang relevan.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.5.1 Observasi dan Pengujian Langsung

Observasi dilakukan terhadap cara kerja prototipe sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Pengujian langsung dilakukan untuk memperoleh data mengenai keberhasilan pembacaan kartu RFID, waktu respons sistem, kemampuan sistem menolak akses tidak sah, kemampuan sistem mencatat log akses, dan perbedaan operasional antara sistem RFID dan sistem konvensional.

3.5.2 Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder yang mendukung penelitian, seperti spesifikasi teknis sistem, hasil pengujian awal, daftar komponen, biaya investasi, dan dokumen pendukung penelitian lainnya.

3.5.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis mengenai panel listrik dan pengendalian akses, teknologi RFID, keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik, khususnya metode *break-even point* dan *payback period*.

3.5.4 Kuesioner AHP

Kuesioner AHP digunakan untuk memperoleh penilaian ahli terhadap tingkat kepentingan antar aspek dan subaspek kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Penilaian dilakukan melalui

perbandingan berpasangan dengan skala Saaty. Data dari kuesioner kemudian diolah secara manual menggunakan *Microsoft Excel*. Tahapan pengolahan meliputi penyusunan matriks perbandingan berpasangan dari setiap ahli, normalisasi matriks untuk memperoleh bobot prioritas, perhitungan *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* untuk menguji tingkat konsistensi penilaian, serta agregasi bobot dari ahli yang memenuhi nilai $CR \leq 0,10$ menggunakan *Geometric Mean*.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan kelayakan implementasi sistem. Penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan pada sistem pengunci panel listrik konvensional. Pada tahap ini, peneliti mengamati kelemahan sistem kunci manual, seperti risiko kehilangan kunci, kemungkinan duplikasi, tidak adanya pencatatan riwayat akses, serta rendahnya keterlacakan pengguna yang membuka panel listrik. Permasalahan tersebut menjadi dasar perlunya alternatif sistem pengunci berbasis RFID yang lebih terkontrol, terdokumentasi, dan sesuai dengan kebutuhan pengendalian akses pada fasilitas kritis industri.

Tahap berikutnya adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep panel listrik, pengendalian akses, teknologi RFID, keamanan akses, efisiensi operasional, ekonomi teknik, serta metode *Analytical Hierarchy Process*. Literatur juga digunakan untuk memperkuat indikator penelitian dan menyusun dasar pembandingan terhadap penelitian terdahulu. Dengan adanya studi literatur, penelitian ini memiliki landasan konseptual yang jelas dalam menilai kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Hal ini sejalan dengan studi literatur digunakan untuk memperoleh landasan teoritis mengenai panel listrik, RFID, keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik.

Setelah landasan teori diperoleh, penelitian dilanjutkan dengan penentuan objek, alat, bahan, serta skenario pengujian. Objek utama dalam penelitian ini

adalah prototipe sistem pengunci panel listrik berbasis RFID, sedangkan sistem pengunci konvensional digunakan sebagai pembanding. Alat yang digunakan meliputi laptop, Arduino Uno, RFID *reader*, kartu RFID, *relay module*, *solenoid lock*, LCD I2C, catu daya, *stopwatch*, Arduino IDE, dan Excel. Bahan penelitian mencakup data pembacaan kartu RFID, waktu respons sistem, data penolakan akses tidak sah, data log akses, data perbandingan sistem konvensional dan RFID, serta data biaya investasi dan operasional.

Tahap selanjutnya adalah pengujian langsung terhadap prototipe sistem RFID. Pengujian dilakukan untuk memperoleh data utama mengenai kinerja sistem, meliputi keberhasilan pembacaan kartu terdaftar, kemampuan sistem menolak kartu tidak terdaftar, waktu respons sistem, jarak baca efektif, dan keberhasilan pencatatan log akses. Pengujian ini penting karena penelitian tidak hanya menilai apakah alat dapat berfungsi, tetapi juga mengukur sejauh mana sistem mampu bekerja secara stabil dan layak digunakan sebagai pengunci panel listrik. Pengujian langsung disebutkan sebagai teknik pengumpulan data untuk memperoleh informasi mengenai keberhasilan pembacaan kartu, waktu respons, penolakan akses tidak sah, pencatatan log akses, serta perbedaan operasional antara sistem RFID dan sistem konvensional.

Selain pengujian sistem RFID, penelitian juga melakukan pengamatan terhadap sistem pengunci konvensional. Pengamatan ini digunakan sebagai dasar pembanding dalam menilai efisiensi operasional. Perbandingan dilakukan dengan melihat waktu pembukaan panel, jumlah langkah kerja, kemudahan penggunaan, dan kemampuan sistem dalam menyediakan data riwayat akses. Sistem RFID dinilai lebih efisien apabila mampu mempercepat proses pembukaan panel, mengurangi ketergantungan pada kunci fisik, dan mempermudah penelusuran aktivitas akses.

Data yang telah diperoleh kemudian diolah berdasarkan empat aspek utama, yaitu aspek teknis sistem, keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik. Aspek teknis sistem dianalisis melalui akurasi pembacaan kartu, waktu respons, dan jarak baca efektif. Aspek keamanan akses dianalisis melalui kemampuan sistem menolak kartu tidak valid dan keberhasilan pencatatan log

akses. Aspek efisiensi operasional dianalisis melalui perbandingan waktu dan langkah kerja antara sistem RFID dan sistem konvensional. Sementara itu, aspek ekonomi teknik dianalisis melalui biaya investasi, biaya operasional, biaya pemeliharaan, serta manfaat ekonomis implementasi sistem. Pembagian aspek ini sesuai dengan rancangan analisis yang menempatkan teknis sistem, keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik sebagai kelompok utama penilaian kelayakan.

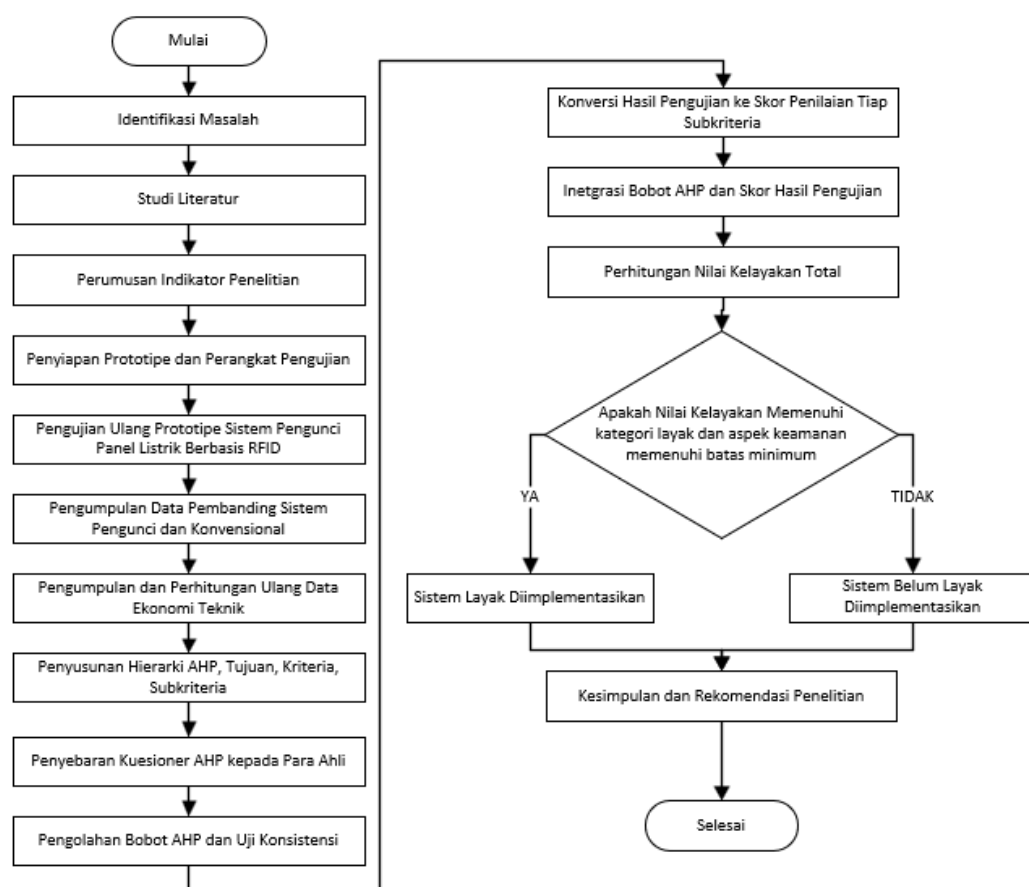
Pada tahap ekonomi teknik, data biaya dan manfaat digunakan untuk menilai kelayakan finansial implementasi sistem. Analisis dilakukan dengan menggunakan *Payback Period*, *Break Even Point*, *Benefit Cost Ratio*. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui apakah manfaat yang dihasilkan oleh sistem RFID sebanding atau lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan. Dengan demikian, keputusan implementasi tidak hanya didasarkan pada keberhasilan teknis alat, tetapi juga mempertimbangkan aspek biaya dan manfaat secara rasional.

Tahap berikutnya adalah pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*. Pembobotan dilakukan berdasarkan penilaian ahli terhadap tingkat kepentingan setiap aspek dan subaspek kelayakan. Ahli yang dilibatkan merupakan pihak yang memiliki pengalaman atau kompetensi dalam bidang kelistrikan, otomasi, maintenance, teknik industri, sistem keamanan, atau pengelolaan fasilitas. Hasil penilaian ahli kemudian dilakukan pengolahan data AHP menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* untuk memperoleh bobot kriteria, bobot subkriteria, nilai *Consistency Ratio*, dan hasil prioritas akhir.

Setelah bobot AHP diperoleh, penelitian dilanjutkan dengan perhitungan nilai kelayakan total. Nilai ini diperoleh dengan mengalikan bobot setiap subkriteria dengan skor hasil pengujian, kemudian menjumlahkan seluruh hasil perkalian. Skor akhir tersebut digunakan untuk menentukan kategori kelayakan sistem, yaitu tidak layak, kurang layak, layak dengan perbaikan, atau layak. Dengan cara ini, hasil penelitian menjadi lebih objektif karena menggabungkan data pengujian aktual dan penilaian ahli dalam satu kerangka evaluasi.

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis teknis, keamanan akses, efisiensi

operasional, ekonomi teknik, serta nilai kelayakan terintegrasi. Rekomendasi diberikan untuk menentukan apakah sistem pengunci panel listrik berbasis RFID layak diimplementasikan, layak dengan perbaikan, atau belum layak diterapkan. Dengan prosedur ini, penelitian diharapkan mampu memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih komprehensif terhadap implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID di lingkungan industri.



Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dilakukan terhadap aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional sebagai aspek utama kelayakan implementasi. Selain itu, kinerja teknis sistem dianalisis sebagai data pendukung untuk memastikan bahwa prototipe RFID dapat menjalankan fungsi

dasar penguncian, pembacaan kartu, waktu respons, jarak baca, dan pencatatan log akses sebelum dilakukan penilaian kelayakan terintegrasi.

Tabel 3. 3 Aspek dan Analisis Data

Aspek	Subaspek/Indikator	Data yang Dibutuhkan	Metode Analisis	Kriteria Umum
Keamanan Akses	Akurasi pembacaan kartu valid	Jumlah pembacaan berhasil dan gagal	Persentase keberhasilan	Semakin tinggi semakin baik
Keamanan Akses	Penolakan kartu tidak valid	Jumlah kartu tidak valid yang ditolak	Persentase penolakan	Mendekati atau mencapai 100%
Keamanan Akses	Pencatatan log akses	UID, waktu, dan status akses	Persentase keberhasilan log	Semakin lengkap semakin baik
Efisiensi Operasional	Waktu pembukaan panel	Waktu RFID dan waktu kunci konvensional	Perbandingan rata-rata waktu	RFID lebih cepat dari konvensional
Efisiensi Operasional	Jumlah langkah operasional	Tahapan membuka panel	Analisis perbandingan proses	Langkah lebih sederhana
Ekonomi Teknik	HPP, BEP, dan BCR	Biaya komponen, Biaya Investasi Awal	Hasil perhitungan dari setiap indikator	Layak jika manfaat lebih besar dari biaya

3.7.1 Rancangan Jumlah Pengambilan Data Percobaan RFID

Dalam Penelitian ini, pengujian terhadap performa alat prototipe dilakukan sebanyak 30 kali uji sample. Penentuan jumlah pengujian sebanyak

30 kali ini didasarkan pada Teorema Limit Pusat, yang menyatakan bahwa ukuran sample minimal 30 akan menghasilkan distribusi data pengujian yang mendekati distribusi normal (Memon et al., 2020)

Tabel 3. 4 Parameter Pengujian Sistem RFID

Parameter Pengujian	Skenario	Jumlah Minimal
Keberhasilan pembacaan kartu valid	Kartu terdaftar ditempelkan ke reader	30 kali
Penolakan kartu tidak valid	Kartu tidak terdaftar ditempelkan ke reader	30 kali
Response time kartu valid	Waktu dari kartu ditempel sampai solenoid aktif	30 kali
Response time kartu tidak valid	Waktu dari kartu ditempel sampai sistem menolak akses	30 kali
Keberhasilan log akses	Sistem mencatat UID, waktu, dan status akses	30 kali
Perbandingan kunci konvensional	Pembukaan panel menggunakan kunci manual	30 kali

3.7.2 Detail Data yang Dianalisis

Tabel 3. 5 Detail Data yang Dianalisis

Jenis Data	Sumber Data	Bentuk Data	Fungsi Analisis
Data pembacaan kartu valid	Pengujian langsung	Berhasil/gagal	Mengukur akurasi pembacaan RFID
Data kartu tidak valid	Pengujian langsung	Ditolak/tidak ditolak	Mengukur keamanan akses
Data response time	Stopwatch atau pencatatan sistem	Detik	Mengukur kecepatan respons sistem
Data log akses	Output sistem	UID, waktu, status akses	Mengukur keterlacakan aktivitas akses

Jenis Data	Sumber Data	Bentuk Data	Fungsi Analisis
Data waktu kunci konvensional	Observasi langsung	Detik	Pembandingan efisiensi operasional
Data biaya Ekonomi Teknik	HPP, BEP dan BCR	Rupiah	Menghitung harga
Data penilaian ahli	Kuesioner AHP	Skala Saaty 1 sampai 9	Menentukan bobot aspek dan subaspek

3.7.3 Analisis Kinerja Teknis

Tingkat keberhasilan pembacaan kartu valid digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem RFID dalam mengenali kartu yang terdaftar pada basis data sistem. Suatu percobaan dinyatakan berhasil apabila RFID dapat membaca UID kartu terdaftar, sistem memberikan izin akses, dan *solenoid lock* aktif sesuai dengan skenario pengujian. Sebaliknya, percobaan dikatakan gagal apabila kartu terdaftar tidak terbaca atau sistem tidak memberikan akses sebagaimana mestinya.

Pengukuran dilakukan dengan membandingkan jumlah pembacaan kartu valid yang berhasil terhadap seluruh percobaan pembacaan kartu valid. Pendekatan ini menggunakan proporsi hasil yang benar terhadap jumlah keseluruhan observasi sebagai dasar penilaian kinerja sistem (Sultana et al., 2025). Tingkat keberhasilan pembacaan kartu valid dihitung menggunakan persamaan (1).

$$TKP = \frac{Nb}{N} \times 100 \dots (1)$$

TKP = Tingkat Keberhasilan Pembacaan Kartu valid

N_b = Jumlah pembacaan kartu valid yang berhasil

N = Jumlah keseluruhan percobaan kartu valid

Mean response time pada penelitian ini dihitung dengan rumus total waktu respons dibagi jumlah percobaan. Ukuran ini digunakan untuk mempresentasikan rata-rata kecepatan respons pembukaan pada setiap percobaan. Pemilihan means respon time didasarkan pada penggunaannya yang luas dalam penelitian waktu respon (Blinch & Cousineau, 2024), rata-rata waktu pembacaan menggunakan persamaan (2).

$$\text{Mean Response Time} = \frac{\text{Total Waktu Respon}}{\text{Jumlah Percobaan}} \dots (2)$$

3.7.4 Analisis Efisiensi Operasional

Efisiensi waktu diukur dengan membandingkan waktu pemrosesan akses sebelum dan sesudah penerapan sistem berbasis RFID, mengikuti pendekatan yang digunakan Siahaan dan Arisandi (2025) dalam mengevaluasi sistem proteksi portal parkir berbasis RFID. Perhitungan efisiensi waktu menggunakan persamaan (3) berikut.

$$\begin{aligned} &\text{Efisiensi Waktu} \\ &= \frac{\text{Waktu Konvensional} - \text{Waktu Sistem RFID}}{\text{Waktu Konvensional}} \times 100 \% \dots (3) \end{aligned}$$

3.7.5 Analisis Keamanan Akses

Analisis keamanan akses dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam membatasi akses hanya kepada pengguna yang berwenang. Kemampuan sistem menolak akses tidak sah merupakan indikator keamanan yang juga diuji Ningrum dan Bsayir (2022) pada sistem keamanan pintu otomatis berbasis RFID dan IoT, dihitung menggunakan Persamaan (4). Adapun keberhasilan pencatatan log akses mengacu pada pendekatan Tidar et al. (2025) dalam menilai kelengkapan jejak akses digital pada sistem keamanan ruang arsip berbasis RFID dan *Fingerprint*, dihitung menggunakan Persamaan (5).

Tingkat Penolakan Akses Tidak Sah

$$= \frac{\text{Jumlah Kartu Tidak Valid Ditolak}}{\text{Total Percobaan Kartu Tidak Valid}} \times 100\% \dots (4)$$

$$\text{Keberhasilan Log Akses} = \frac{\text{Jumlah Akses yang Tercatat}}{\text{Total Percobaan Akses}} \times 100\% \dots (5)$$

3.7.6 Analisis Ekonomi Teknik

Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai kelayakan produksi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID pada skala rumahan. Sistem produksi diasumsikan menggunakan metode *make to order* dengan kapasitas maksimum 10 unit per bulan. Komponen analisis terdiri atas Harga Pokok Produksi, Harga Jual, *Gross Profit Margin*, *Break Even Point*, dan *Benefit Cost Ratio*.

Harga Pokok Produk dalam penelitian ini dihitung menggunakan pendekatan biaya utama (*prime cost*), yaitu penjumlahan biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung, tanpa memasukkan biaya overhead pabrik. Pendekatan ini digunakan karena skala implementasi bersifat prototipe, sehingga biaya overhead seperti listrik dan sewa tempat diperlakukan terpisah sebagaimana bagian dari Biaya Tetap dalam analisis *Break Even Point* (Mulyadi, 2010). Perhitungan HPP per unit menggunakan Persamaan (6) berikut.

HPP per Unit

$$= \frac{\text{Biaya Bahan Baku} + \text{Biaya Tenaga Kerja Langsung}}{\text{Kapasitas Produksi}} \dots (6)$$

Kapasitas produksi merupakan jumlah unit yang dapat dihasilkan dari satu paket komponen sesuai *Bill of Quantity* yang telah tersusun. *Break Even Point* adalah titik impas dimana total pendapatan yang diperoleh sama dengan total biaya yang dikeluarkan, sehingga usaha tidak mengalami keuntungan maupun kerugian (Azahra et al., 2023). Analisis ini berperan sebagai alat perencanaan dan pengambilan keputusan, khususnya bagi pelaku usaha

berskala kecil dalam menentukan jumlah unit yang perlu diproduksi, dihitung menggunakan persamaan (7).

$$BEP = \frac{Total\ Biaya\ Tetap}{(Harga\ Jual\ per\ Unit - Biaya\ Variable\ per\ Unit)} \dots (7)$$

Benefit Cost Ratio adalah rasio antara nilai keuntungan yang dihasilkan oleh sistem dengan biaya yang dikeluarkan untuk implementasinya. BCR digunakan untuk menentukan apakah keuntungan yang diperoleh lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan. Jika BCR lebih besar dari 1, maka sistem dianggap layak secara finansial (Fanani, 2021), Perhitungan BCR menggunakan Persamaan (8) berikut.

$$BCR = \frac{Total\ Manfaat}{Total\ Biaya} \dots (8)$$

Gross Profit Margin digunakan sebagai basis konversi nilai kelayakan produksi ke dalam skala rubrik. GPM merupakan rasio yang mengukur presentase laba kotor yang diperoleh perusahaan setelah dikurangi harga pokok produksi dari total pendapatan penjualan, dan digunakan secara luas untuk menilai efisiensi biaya produksi serta kelayakan harga jual suatu produk (Mulyadi, 2010). Semakin tinggi nilai GPM, semakin besar ruang keuntungan yang tersisa untuk menutupi biaya operasional dan mendukung keberlanjutan usaha. Perhitungan GPM menggunakan Persamaan (9)

$$GPM = \frac{(Harga\ Jual - HPP)}{Harga\ Jual} \times 100\% \dots (9)$$

Metode *Mark Up Pricing* adalah metode penetapan harga jual dengan menambahkan persentase margin tertentu di atas Harga Pokok Produk (Mulyadi, 2010). Metode ini dipilih karena kesederhanaannya dalam

menentukan harga jual pada skala produksi prototipe, dihitung menggunakan Persamaan (10) berikut.

$$\text{Harga Jual} = \text{HPP} + (\text{Persentase Mark Up} \times \text{HPP}) \dots (10)$$

Selisih antara Harga Jual dan HPP mencerminkan besaran keuntungan yang diperoleh dari setiap unit produk, yang selanjutnya digunakan sebagai basis konversi skor kelayakan pada subkriteria HPP

3.7.7 Analisis Pembobotan dengan AHP

Pembobotan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan beberapa kriteria yang saling memengaruhi. Metode ini dipilih karena penelitian ini menilai kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID berdasarkan lebih dari satu aspek, yaitu ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional.

Dalam penerapannya, AHP diawali dengan penyusunan struktur hierarki yang terdiri atas tujuan, kriteria, dan subkriteria. (Yanti, 2025) menjelaskan bahwa struktur hierarki tersebut digunakan agar proses penilaian menjadi lebih sistematis dan terarah. Pada penelitian ini, tujuan utama adalah menentukan kelayakan implementasi sistem, sedangkan kriteria utama terdiri atas ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional, adapun kinerja teknis sistem digunakan sebagai prasyarat pengujian untuk memastikan prototipe dapat berfungsi secara memadai. Subkriteria selanjutnya disusun berdasarkan indikator pada masing masing aspek penilaian.

Tahap berikutnya adalah melakukan perbandingan berpasangan antar kriteria dan subkriteria. Mubarok et al. (2024) menjelaskan bahwa *pairwise comparison* digunakan untuk mengetahui tingkat kepentingan relatif setiap unsur, sehingga bobot prioritas dapat ditentukan secara lebih objektif. Penilaian tingkat kepentingan antar elemen dalam perbandingan berpasangan dilakukan menggunakan skala saaty 1 sampai 9 yang dikembangkan oleh Saaty (2008).

Seperti disajikan pada tabel dibawah, skala ini terdiri atas nilai ganjil (1,3,5,7,9) yang merepresentasikan tingkat kepentingan secara definitf, serta nilai genap (2,4,6,8) yang digunakan sebagai nilai antara ketika penilai memandang tingkat kepentingan berada di antara 2 definisi yang berdekatan. Apabila elemen dinilai memiliki tingkat kepentingan tertentu dibandingkan elemen satunya, maka secara otomatis elemen pertama memperoleh nilai kebalikannya terhadap elemen satunya.

Tabel 3. 6 Skala Saaty

Nilai	Definisi	Penjelasan
1	Sama Penting	Dua Elemen memberikan kontribusi yang sama terhadap tujuan
2	Sedikit Lebih Penting	Digunakan bila penilaian berada di antara nilai 1 dan 3
3	Cukup Penting	Pengalaman dan Penilaian sedikit mendukung satu elemen dibandingkan elemen lainnya
4	Antara Cukup dan Sangat penting	Digunakan bila penilaian berada di antara nilai 3 dan 5
5	Sangat Penting	Pengalaman dan penilaian secara kuat mendukung satu elemen dibandingkan elemen lainnya
6	Antara Sangat Penting dan Mutlak Penting	Digunakan bila penilaian berada di antara nilai 5 dan 7
7	Jelas Lebih Penting	Satu elemen sangat didukung dan dominasinya telah terbukti dalam praktik
8	Antara Jelas dan Mutlak Penting	Digunakan bila penilaian berada di antara nilai 7 dan 9

Nilai	Definisi	Penjelasan
9	Mutlak Lebih Penting	Bukti yang mendukung satu elemen atas elemen lainnya berada pada tingkat afirmasi yang tinggi
Kebalikan (1/2-1/9)	Nilai Resiprokal	Jika elemen i memperoleh salah satu nilai di atas ketika dibandingkan terhadap elemen j, maka elemen j memperoleh nilai kebalikannya ketika dibandingkan terhadap elemen i

Dengan demikian, bobot akhir masing masing kriteria dan subkriteria diperoleh dari hasil pengolahan penilaian para ahli, bukan ditetapkan secara langsung oleh peneliti. Tahapan pengolahan data AHP diawali dengan penyusunan matriks perbandingan berpasangan pada persamaan (11), dilanjutkan dengan normalisasi matriks pada persamaan (12), perhitungan bpbpt prioritas pada persamaan (13), nilai eigen maksimum pada persamaan (14), *consistency index* pada persamaan (15), hingga *consistency ratio* pada persamaan (16). Seluruh prosedur ini merupakan rangkaian baku metode AHP yang dirumuskan oleh (Saaty, 2008), digunakan untuk memastikan bahwa penilaian ahli bersifat konsisten secara matematis sebelum digunakan dalam tahap agregasi bobot.

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}, i, j = 1, 2, \dots, n \dots (11)$$

w_i = bobot indikator pada baris ke-i

w_j = bobot indikator pada kolom ke-j

a_{ij} = hasil perbandingan w_i dan w_j

n = jumlah indikator yang dibandingkan

Tahapan selanjutnya adalah menormalkan setiap kolom dengan membagi setiap nilai pada kolom ke-i dengan baris ke-j dengan nilai total dari setiap kolom

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \dots (12)$$

A_{ij} = nilai normalisasi pada kolom ke-j dan baris ke-i

Tahapan selanjutnya perhitungan bobot prioritas, yang diperoleh dari rata-rata baris matriks yang telah dinormalisasi

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \dots (13)$$

w_i = bobot prioritas elemen ke-i

Tahapan selanjutnya adalah uji konsistensi, yang dilakukan untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan tidak bersifat acak. Uji Konsistensi diawali dengan menghitung nilai eigen maksimum sebagai berikut :

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot w)_i}{w_i} \dots (14)$$

A = merupakan matriks perbandingan berpasangan asli

W = merupakan vektor bobot prioritas yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya

Tahapan selanjutnya, *Consistency Index* (CI) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots (15)$$

Nilai CI dibandingkan dengan *Random index*(RI), yaitu nilai indeks acak yang besarnya bergantung pada ukuran matriks(n), sebagaimana telah ditetapkan sebagai berikut

Tabel 3. 7 Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Dengan diperolehnya nilai CI dan RI, *Consistency Ratio* dihitung menggunakan rumus berikut :

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots (16)$$

Apabila nilai $CR \leq 0,10$, maka penilaian yang diberikan dinyatakan konsisten dan layak digunakan dalam tahap analisis selanjutnya (Saaty, 2008). Apabila terdapat ahli dengan nilai konsistensi yang tidak memenuhi batas yang ditetapkan, peneliti akan melakukan klarifikasi ulang terhadap isian kuesioner. Jika setelah klarifikasi nilai konsistensi tetap tidak memenuhi kriteria, data ahli tersebut tidak digunakan dalam proses pembobotan akhir. Langkah ini dilakukan agar bobot kriteria dapat menghasilkan hal yang rasional dan dapat dipertanggungjawabkan (Goepel, 2018).

Setelah data ahli dinyatakan konsisten, bobot individu masing-masing ahli diagregasi menjadi satu bpbpt kelompok menggunakan metode *Geometric Mean* pada persamaan (17), sebagaimana dijelaskan Forman (1998) bahwa pendekatan ini lebih konsisten terhadap sifat rasio pada data perbandingan berpasangan dibandingkan rata-rata aritmatika. Nilai agregasi tersebut kemudian dinormalisasi menggunakan persamaan (18) agar seluruh bobot kelompok bernilai 1.

$$GM_i = \sqrt[m]{w_i^{(1)} \times w_i^{(2)} \times \dots \times w_i^{(m)}} \dots (17)$$

GM_i = nilai agregasi *geometric mean* untuk elemen ke-i

$w_i^{(k)}$ = bobot lokal elemen ke -1 menurut ahli ke-k

m = jumlah ahli yang didatanya dinyatakan konsisten

$$Bobot_i = \frac{GM_i}{\sum_{i=1}^n GM_i} \dots (18)$$

3.7.8 Analisis Kelayakan Terintegrasi

Nilai kelayakan terintegrasi dihitung menggunakan persamaan (19), yaitu dengan mengalikan bobot setiap subkriteria dengan skor hasil pengukuran, kemudian menjumlahkan seluruh hasil perkalian. Penggunaan bobot hasil *pairwise comparasion* untuk mendukung pengambilan keputusan ini sejalan dengan penerapan AHP pada penelitian (Yanti, 2025)

$$\text{Nilai Kelayakan Total} = \Sigma (\text{Bobot Subkriteria} \times \text{Skor Subkriteria}) \dots (19)$$

Dalam penelitian ini, bobot subkriteria berasal dari hasil perhitungan AHP berdasarkan penilaian para ahli, sedangkan skor subkriteria diperoleh dari hasil pengujian sistem dan penilaian berdasarkan rubrik yang telah ditetapkan. Karena total bobot AHP bernilai 1, maka nilai akhir yang diperoleh merupakan nilai rata rata tertimbang dari seluruh aspek penilaian. Penggunaan bobot hasil *pairwise comparison* untuk mendukung keputusan juga sejalan dengan penerapan AHP pada penelitian (Yanti, 2025).

Agar hasil akhir dapat ditafsirkan secara sistematis, seluruh skor subkriteria dinormalisasi ke dalam rentang 0 sampai 1. Setelah itu, kategori kelayakan ditetapkan dengan metode interval sama lebar pada persamaan (20), sebuah teknik statistik dasar untuk membagi rentang skor kontinu menjadi beberapa kategori secara proporsional sebagaimana dijelaskan (Wahab et al., 2021)

$$I = \frac{(\text{Nilai Maksimum} - \text{Nilai Minimum})}{\text{Jumlah Kategori}} \dots (20)$$

$$I = \frac{(1 - 0)}{3} = 0,33$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kategori kelayakan ditetapkan menjadi:

Tabel 3. 8 Kategori Kelayakan

Rentang Nilai	Kategori Kelayakan
0,00 sampai 0,33	Tidak layak
0,34 sampai 0,66	Kurang layak
0,67 sampai 1,00	Layak

Dengan pendekatan ini, kategori layak dan tidak layak tidak ditetapkan secara sembarangan, melainkan berasal dari pembagian matematis terhadap rentang skor yang digunakan dalam penelitian. Artinya, status kelayakan muncul dari dua tahap, yaitu hasil integrasi antara bobot kepentingan dan skor kinerja, kemudian hasil akhirnya ditempatkan ke dalam interval kategori yang telah ditetapkan peneliti.

Selain berdasarkan nilai total, aspek keamanan akses dalam penelitian ini diperlakukan sebagai aspek kritis. Hal ini didasarkan pada karakter panel listrik sebagai fasilitas yang berkaitan langsung dengan kontrol akses dan keselamatan operasional. Oleh karena itu, sistem tidak dapat langsung dinyatakan layak hanya karena memperoleh nilai total yang tinggi apabila skor pada aspek keamanan akses belum memenuhi batas minimum yang ditetapkan peneliti. Ketentuan ini dimaksudkan agar keputusan kelayakan tidak hanya didasarkan pada nilai rata rata tertimbang, tetapi juga mempertimbangkan aspek yang paling sensitif terhadap risiko implementasi.

3.7.9 Rubrik Skor Subkriteria

Rubrik skor subkriteria digunakan untuk mengonversi hasil pengukuran setiap indikator ke dalam skor terstandarisasi pada skala 0,25 sampai 1,00. Penggunaan rubrik diperlukan karena indikator dalam penelitian ini memiliki satuan pengukuran yang berbeda, seperti persentase keberhasilan akses, persentase efisiensi waktu, jumlah unit BEP, dan nilai BCR. Dengan adanya rubrik skor, setiap hasil pengukuran dapat dibandingkan dan digabungkan secara lebih sistematis dalam analisis kelayakan terintegrasi.

Rubrik yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk rubrik analitik, yaitu rubrik yang menilai setiap indikator secara terpisah berdasarkan tingkat pencapaian tertentu. kemudian skor tiap indikator dijumlahkan untuk memperoleh nilai kinerja subkriteria secara keseluruhan (Mertler, 2001). Setiap indikator diberikan skor 1,00 apabila memenuhi kategori sangat baik, skor 0,75 untuk kriteria baik, skor 0,50 apabila memenuhi kategori cukup, dan skor 0,25 apabila berada pada kategori rendah. Skor tersebut kemudian digunakan sebagai nilai kinerja subkriteria yang akan dikalikan dengan bobot subkriteria hasil perhitungan AHP. Pendekatan ini digunakan agar penilaian kelayakan tidak hanya didasarkan pada hasil pengujian teknis, tetapi juga mempertimbangkan tingkat kepentingan masing-masing subkriteria menurut para ahli.

Penetapan ambang batas pada setiap indikator dalam rubrik ini tidak dilakukan secara seragam melalui pembagian interval sama lebar sebagaimana pada penentuan kategori kelayakan terintegrasi di Subbab 3.7.8, melainkan disesuaikan dengan karakteristik dan tingkat kekritisannya masing-masing indikator. Pendekatan ini lazim digunakan dalam penyusunan rubrik analitik, di mana batas pencapaian pada tiap indikator disesuaikan dengan standar kinerja yang relevan bagi konteks pengukurannya masing-masing, bukan dibagi secara proporsional semata (Mertler, 2001). Secara umum, ambang batas dalam penelitian ini ditetapkan melalui dua pendekatan, yaitu ambang batas berbasis kekritisannya risiko untuk indikator teknis dan keamanan, serta ambang batas berbasis parameter internal penelitian untuk indikator ekonomi teknik.

Ambang batas skor sangat baik pada indikator akurasi pembacaan kartu valid ditetapkan pada tingkat keberhasilan $\geq 95\%$ karena sistem pengunci panel listrik berbasis RFID berfungsi sebagai kontrol akses tunggal terhadap fasilitas kelistrikan; tingkat kegagalan pembacaan di atas 5% berpotensi menyebabkan gangguan operasional yang signifikan bagi pengguna sah. Batas ini merujuk pada konvensi umum pengujian keandalan sistem identifikasi otomatis, di mana tingkat keberhasilan pembacaan di atas 95% dianggap sebagai standar operasional yang dapat diterima untuk sistem identifikasi berbasis RFID pada skala prototipe maupun implementasi menengah (Siahaan & Arisandi, 2025).

Ambang batas pada indikator penolakan kartu tidak valid dibuat lebih ketat dibandingkan indikator akurasi pembacaan, karena keamanan akses diperlakukan sebagai aspek kritis dalam penelitian ini sebagaimana telah dinyatakan pada Subbab 3.7.5 dan 3.7.8. Skor sangat baik hanya diberikan pada tingkat penolakan 100%, sebab satu kegagalan penolakan kartu tidak sah berarti pihak yang tidak berwenang berhasil membuka panel listrik, suatu kondisi yang tidak dapat ditoleransi terlepas dari seberapa tinggi performa indikator lain. Prinsip *zero tolerance* pada indikator keamanan kritis ini konsisten dengan perlakuan aspek keamanan akses sebagai syarat mutlak, bukan sekadar salah satu kriteria tertimbang, sebagaimana telah dijelaskan pada analisis kelayakan terintegrasi.

Ambang batas pada indikator keberhasilan log akses disamakan dengan indikator akurasi pembacaan karena keduanya sama-sama merepresentasikan keandalan fungsional sistem dalam kerangka model kualitas sistem ISO/IEC 25010:2011, sehingga standar penerimaan yang digunakan bersifat konsisten antarindikator yang berada dalam kategori fungsional yang sama.

Ambang batas 50% pada indikator efisiensi waktu dipilih sebagai standar sangat baik karena penelitian ini membandingkan sistem RFID dengan sistem kunci konvensional yang sepenuhnya manual, pengurangan waktu proses hingga separuh dari waktu semula dianggap sebagai perbaikan signifikan dalam studi gerak dan waktu (Wignjosoebroto, 2000), sementara pengurangan di bawah 10% dianggap tidak cukup berarti untuk membenarkan biaya investasi implementasi sistem baru.

Ambang batas pada indikator efisiensi langkah kerja ditetapkan lebih rendah dibandingkan efisiensi waktu karena satuan pengukurannya berbeda, yaitu jumlah langkah kerja, bukan durasi, sehingga persentase pengurangan yang dianggap signifikan secara ergonomis juga berbeda. Pengurangan langkah kerja di atas 25% dianggap sebagai perbaikan substansial terhadap beban kerja fisik operator, mengikuti prinsip penyederhanaan metode kerja dalam studi gerak dan waktu (Wignjosoebroto, 2000).

Ambang batas pada indikator HPP per Unit diturunkan langsung dari struktur biaya produksi yang telah dihitung pada Subbab 3.7.6, bukan dari standar eksternal. Batas Rp500.000 mempertimbangkan estimasi komponen biaya bahan baku dan tenaga kerja langsung untuk satu unit prototipe berdasarkan *Bill of Quantity* penelitian ini, sehingga nilai HPP di bawah ambang tersebut merepresentasikan efisiensi produksi yang tinggi relatif terhadap struktur biaya yang telah diproyeksikan, sedangkan nilai di atas Rp2.500.000 dianggap tidak lagi kompetitif untuk skala produksi rumahan yang menjadi konteks penelitian ini.

Ambang batas pada indikator BEP secara eksplisit diturunkan dari kapasitas produksi maksimum yang telah ditetapkan pada Subbab 3.7.6, yaitu 10 unit per bulan dengan skema produksi *make to order*. Nilai $BEP \leq 3$ unit, atau 30% dari kapasitas maksimum, dinilai sangat baik karena usaha mencapai titik impas jauh sebelum kapasitas produksi terlampaui, sehingga menyisakan ruang keuntungan yang besar. Sebaliknya, $BEP > 10$ unit berarti titik impas baru tercapai melebihi kapasitas produksi maksimum yang mampu dipenuhi, yang secara praktis berarti usaha tidak akan pernah mencapai titik impas pada skema produksi yang direncanakan, sehingga kategori ini secara logis ditetapkan sebagai kurang layak.

Ambang batas $BCR > 1$ sebagai kategori layak mengikuti kriteria baku dalam studi kelayakan investasi, di mana proyek dengan $BCR > 1$ dinyatakan menguntungkan secara finansial (Fanani, 2021). Nilai $BCR = 1$ diperlakukan sebagai kondisi impas, sedangkan rentang 0,75 sampai < 1 ditetapkan sebagai kategori kurang layak, bukan langsung tidak layak, karena dalam praktik ekonomi teknik nilai BCR yang mendekati 1 dalam rentang toleransi tertentu masih dianggap berpotensi menjadi layak apabila terdapat perbaikan pada struktur biaya atau harga jual, sehingga tidak serta-merta ditolak. Batas 0,75 dipilih sebagai ambang toleransi karena merepresentasikan penyimpangan maksimum 25% dari titik impas yang masih dianggap dapat diperbaiki melalui efisiensi produksi lanjutan.

Tabel 3. 9 Rubrik Skor Subkriteria

Indikator	Skor 1,00	Skor 0,75	Skor 0,50	Skor 0,25
Akurasi pembacaan kartu valid	$\geq 95\%$	90% sampai <95%	80% sampai <90%	<80%
Penolakan kartu tidak valid	100%	95% sampai <100%	90% sampai <95%	<90%
Keberhasilan log akses	$\geq 95\%$	90% sampai <95%	80% sampai <90%	<80%
Efisiensi waktu	$\geq 50\%$ lebih cepat	25% sampai <50%	10% sampai <25%	<10%
Efisiensi Langkah	Pengurangan > 25%	Pengurangan 24 - 11 %	Pengurangan 10 – 5 %	Pengurangan <5%
HPP	HPP <Rp 500.000	HPP Rp.500.000 – Rp 1.000.000	HPP Rp1.000.001 – Rp 2.500.000	HPP > Rp 2.500.000
BEP	≤ 3 Unit/Bulan	4 – 6 Unit/Bulan	7 – 10 Unit Perbulan	>10 Unit Perbulan
BCR	>1	=1	0,75 sampai <1	<0,75

3.8 Jadwal Penelitian

Tabel 3. 10 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Penyusunan Proposal					
2	Seminar Proposal					
3	Pengumpulan Data					
4	Pengolahan & Analisis Data					
5	Penyusunan Laporan TA					
6	Seminar Hasil Penelitian					
7	Sidang Tugas Akhir					