

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Panel listrik merupakan salah satu fasilitas kritis dalam lingkungan industri karena berfungsi sebagai pusat distribusi daya dan pengendali berbagai peralatan operasional. Keandalan panel listrik sangat memengaruhi kontinuitas proses kerja, keselamatan tenaga kerja, serta kestabilan sistem kelistrikan di area produksi. Dalam konteks keselamatan kerja di Indonesia, pengelolaan instalasi listrik di tempat kerja merupakan bagian dari sistem perlindungan tenaga kerja yang diatur dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 12 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja. Dengan demikian, akses terhadap panel listrik tidak dapat dipandang sebagai persoalan teknis semata, tetapi juga berkaitan langsung dengan keselamatan, pengendalian risiko, dan kepatuhan terhadap regulasi.

Pengamanan akses terhadap panel atau ruang kritis masih banyak menggunakan sistem kunci mekanis konvensional. Sistem ini relatif sederhana dan murah, tetapi memiliki beberapa keterbatasan mendasar, seperti mudah hilang, dapat diduplikasi, sulit dilacak penggunaannya, dan tidak menyediakan jejak akses digital. Kondisi ini berpotensi menurunkan tingkat akuntabilitas pengelolaan akses, memperbesar peluang penyalahgunaan, dan menyulitkan proses audit apabila terjadi gangguan operasional atau insiden keselamatan. Pada fasilitas kritis industri, kelemahan tersebut menjadi persoalan serius karena akses yang tidak sah dapat menimbulkan perubahan konfigurasi sistem, kerusakan komponen, hingga meningkatkan risiko kecelakaan kerja (Ojelabi et al., 2025).

Berkembangnya teknologi identifikasi otomatis, *radio frequency identification* (RFID), telah menjadi pilihan alternatif untuk sistem kontrol akses yang lebih canggih. RFID memungkinkan identifikasi pengguna tanpa kontak langsung melalui pembacaan tag atau kartu, yang membuat proses autentikasi lebih cepat, lebih praktis, dan lebih terorganisir (Mu'arif, 2023; Wang et al., 2022). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa sistem keamanan berbasis RFID dapat

mengaktifkan mekanisme penguncian otomatis, membedakan kartu valid dan tidak valid, dan mendukung pencatatan aktivitas akses secara digital (Ningrum & Basyir, 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa RFID memiliki kemampuan untuk meningkatkan kontrol akses sekaligus lebih efisien daripada mekanisme konvensional.

Implementasi RFID tidak cukup dinilai hanya dari keberhasilan fungsional sistem dalam membuka atau menutup kunci. Aspek keamanan RFID juga mencakup kemampuan sistem dalam membatasi akses tidak sah, mencatat aktivitas pengguna, serta menyediakan *audit trail* yang dapat ditelusuri. Di sisi lain, implementasi teknologi juga perlu ditinjau dari sudut pandang efisiensi operasional dan ekonomi teknik. Sistem yang secara teknis berjalan baik belum tentu layak diterapkan apabila tidak memberikan efisiensi operasional yang nyata atau apabila biaya investasi, biaya operasional, dan manfaat ekonominya tidak sebanding. Oleh karena itu, keputusan implementasi perlu dibangun dari penilaian yang komprehensif terhadap aspek keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik.

Sebelumnya telah dilakukan studi pendahuluan melalui *capstone project* yang mencakup perancangan dan pengujian prototipe sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa prototipe memiliki potensi yang baik dari sisi performa awal, seperti akurasi pembacaan yang tinggi, waktu respons yang singkat, kemampuan menyimpan kartu pengguna, serta pencatatan log akses. Namun, data dari *capstone project* tidak digunakan sebagai data utama dalam penelitian ini, melainkan hanya sebagai acuan awal dalam penyusunan indikator, skenario pengujian, dan arah pengembangan penelitian. Dalam penelitian ini, pengujian alat akan dilakukan kembali, analisis ekonomi teknik akan dihitung ulang, dan keputusan mengenai kelayakan implementasi akan disusun berdasarkan data penelitian utama.

Penelitian terdahulu masih menunjukkan kecenderungan yang parsial. Sebagian penelitian menitikberatkan pada kinerja teknis sistem RFID dan autentikasi akses (Mu'arif, 2023), sebagian lain menekankan keamanan data RFID, dan penelitian lain lagi membahas kelayakan investasi RFID dalam konteks non-

panel seperti logistik (Siregar et al., 2025). Belum banyak penelitian yang secara khusus mengevaluasi implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dengan mengintegrasikan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional dalam satu kerangka analisis. Padahal, panel listrik merupakan fasilitas kritis industri yang memiliki konsekuensi keselamatan dan operasional lebih tinggi dibandingkan objek *access control* umum, seperti pintu laboratorium atau ruang arsip.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dari aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional. Hasil penilaian ketiga aspek tersebut selanjutnya diintegrasikan melalui pembobotan formal untuk menilai kelayakan implementasi sistem secara lebih objektif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar evaluasi yang lebih komprehensif bagi keputusan implementasi teknologi RFID pada panel listrik di lingkungan industri, sekaligus memperkuat kontribusi ilmiah pada kajian kontrol akses berbasis teknologi identifikasi otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID ditinjau dari aspek ekonomi teknik?
2. Bagaimana efisiensi operasional sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dibandingkan dengan sistem pengunci konvensional?
3. Bagaimana keamanan akses sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dalam mencegah akses tidak sah dan meningkatkan keterlacakan aktivitas akses?
4. Bagaimana hasil evaluasi terintegrasi dari aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* untuk menilai kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dari aspek ekonomi teknik.

2. Mengevaluasi efisiensi operasional sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dibandingkan dengan sistem pengunci konvensional.
3. Menganalisis keamanan akses sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dalam membatasi akses tidak sah dan meningkatkan keterlacakan aktivitas akses.
4. Menyusun evaluasi kelayakan integrasi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* berdasarkan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional sebagai dasar penentuan kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID

1.4 Batasan Masalah

1. Objek penelitian dibatasi pada prototipe sistem pengunci panel listrik berbasis RFID dan pengunci panel konvensional sebagai pembanding.
2. Penelitian difokuskan pada analisis implementasi sistem dari aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional.
3. Data *capstone project* tidak digunakan sebagai data utama penelitian, tetapi hanya sebagai studi pendahuluan dan acuan penyusunan indikator, skenario pengujian, dan kebutuhan analisis.
4. Pengujian sistem pengunci panel berbasis RFID dilakukan kembali untuk memperoleh data utama penelitian, meliputi keberhasilan pembacaan kartu, waktu respon, penolakan akses tidak sah, dan pencatatan log akses.
5. Simulasi ekonomi dilakukan pada skala usaha rumahan dengan sistem produksi terbatas berdasarkan pesanan dengan kapasitas produksi maksimum 10 unit per bulan.
6. Analisis ekonomi teknik hanya mencakup Harga Pokok Produk, Harga Jual dengan metode *Mark Up Pricing*, *Break Even Point*, dan *Benefit Cost Ratio*
7. Penilaian terintegrasi dilakukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* dengan pengolahan data melalui *Microsoft Excel* untuk memperoleh bobot aspek dan subaspek berdasarkan penilaian ahli, serta menguji konsistensi hasil perbandingan berpasangan melalui *Consistency Ratio* secara manual.

8. Ahli yang dilibatkan dalam kuesioner AHP dibatasi pada pihak yang memiliki pengalaman serta kompetensi pada bidang kelistrikan, otomasi, sistem kontrol akses, teknik industri, dan pengelolaan fasilitas.
9. Pengujian dilakukan pada level prototipe dan simulasi implementasi, sehingga belum mencakup pemasangan permanen pada panel listrik produksi skala industri penuh.
10. Penelitian tidak membahas integrasi lanjutan dengan cloud, biometrik, ataupun keamanan IoT kompleks.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

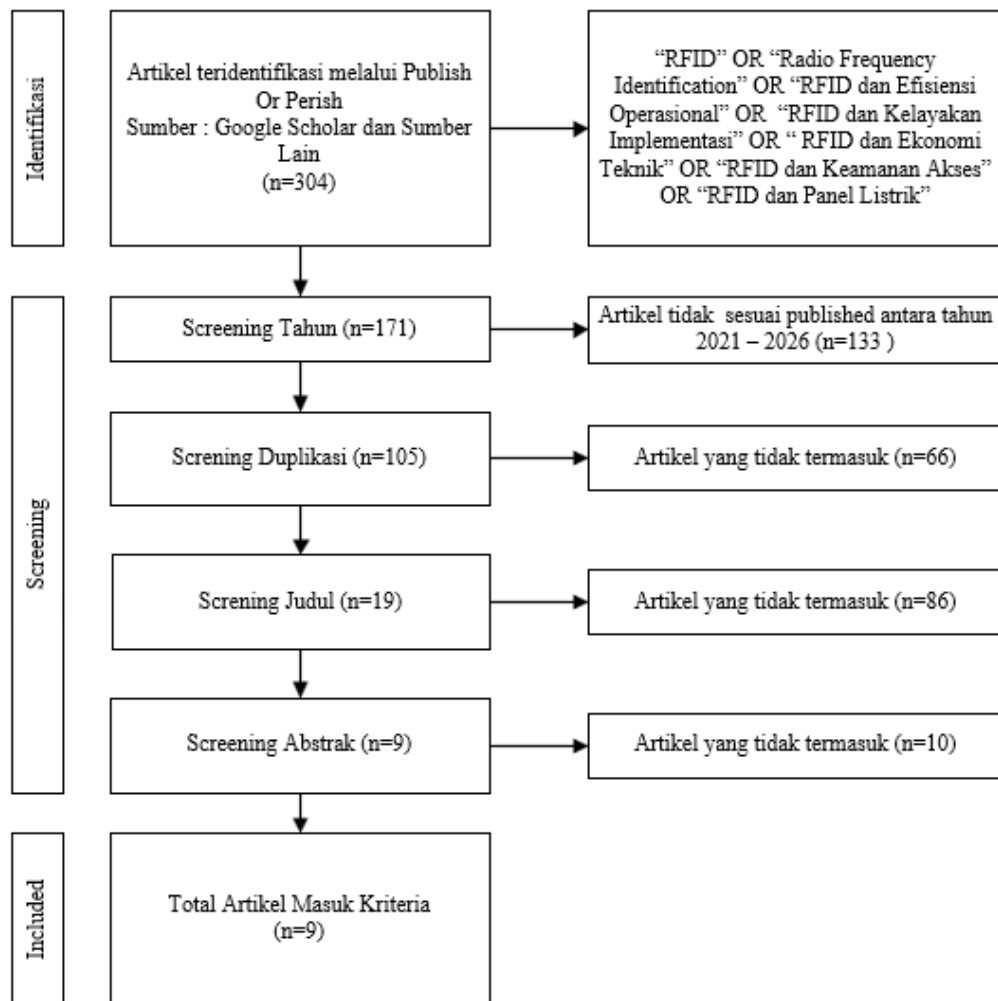
Penelitian ini diharapkan dapat menambah kajian ilmiah mengenai evaluasi implementasi teknologi RFID pada sistem kontrol akses, khususnya pada sistem pengunci panel listrik sebagai fasilitas kritis di lingkungan industri. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memperluas pendekatan evaluatif yang tidak hanya menilai performa teknis sistem, tetapi juga mengintegrasikan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan atau institusi dalam mengambil keputusan terkait implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID. Hasil penelitian juga diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi untuk meningkatkan keamanan akses panel listrik, memperbaiki efisiensi operasional, serta menilai kelayakan investasi teknologi secara lebih objektif.

1.6 Posisi Penelitian

Penelitian berfokus pada analisis kelayakan implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID pada aspek ekonomi teknik, keamanan akses dan efisiensi operasional. Banyak penelitian terdahulu mengamati berbagai penerapan teknologi RFID dalam bidang sistem control akses pada pintu maupun implementasi lainnya. Namun, penelitian yang spesifik mengkaji kelayakan implementasi sistem pengunci berbasis RFID masih sangat terbatas.



Gambar 1. 1 Prisma Diagram

Diagram Prisma diatas menggambarkan proses identifikasi, pada prosesnya menghasilkan 304 artikel awal yang diperoleh melalui Publish or Perish dengan sumber utama Google Scholar dan sumber lain. Kata kunci yang digunakan meliputi "RFID atau Radio Frequency Identification", "RFID dan Efisiensi Operasional", "RFID dan Kelayakan Implementasi", "RFID dan Ekonomi Teknik", "RFID dan Keamanan Akses", dan "RFID dan Panel Listrik". Pada tahap awal,

sebanyak 133 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai dengan rentang tahun publikasi.

Setelah penyaringan tahun publikasi, tersisa 171 artikel untuk ditelaah. Terdapat 66 artikel dikeluarkan pada tahap penyaringan duplikasi dikarenakan terdapat kesamaan otentik antara judul dan penulis pada artikel yang telah disaring, sehingga tersisa 105 artikel setelah dilakukan penyaringan duplikasi

Pada tahap penyaringan judul terdapat 86 artikel dikeluarkan karena tidak menyajikan judul maupun kajian yang relevan dengan judul yang akan digunakan sehingga tersaring 19 judul yang dapat digunakan. Pada akhirnya 19 artikel tersebut kembali dilakukan penyaringan dengan menelaah abstrak dan terdapat 10 artikel yang tidak lolos fase penyaringan, sehingga digunakan 9 artikel sebagai *state of art* dan menjadi dasar penyusunan posisi penelitian. Hasil seleksi ini menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya masih didominasi pembahasan RFID pada sistem akses umum, sedangkan evaluasi kelayakan sistem pengunci panel listrik berbasis RFID secara terintegrasi masih terbatas.

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
1	(Ningrum & Basyir, 2022)	Perancangan Sistem Keamanan Pintu Ruang Otomatis Menggunakan RFID Berbasis Internet of Things (IoT)	Perancangan dan pengujian prototipe sistem keamanan pintu berbasis RFID dan IoT	Sistem keamanan pintu ruangan otomatis	Penelitian ini menunjukkan bahwa RFID dapat diterapkan pada sistem keamanan pintu ruangan untuk mendukung kontrol akses yang lebih praktis serta pemantauan berbasis IoT. Namun, objek

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
					penelitian masih berupa pintu ruangan dan belum mengevaluasi implementasi pada panel listrik dari sisi ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional secara terintegrasi.
2	(Tidar et al., 2025)	<i>Design and Development of an IoT-Based Archive Room Security System Integrating RFID and Fingerprint Authentication for Military Document Protection</i>	Desain dan pengembangan sistem dual-authentication berbasis IoT	Sistem keamanan ruang arsip berbasis RFID dan fingerprint	Penelitian ini relevan karena menekankan autentikasi ganda, logging, dan perlindungan akses pada ruang berisiko tinggi. Namun, objeknya adalah ruang arsip dan belum membahas panel listrik serta belum menggabungkan evaluasi ekonomi teknik dan efisiensi operasional.
3	(Harahap et al., 2024)	<i>Securing RFID in IoT Networks With Lightweight</i>	Eksperimen keamanan data RFID dengan	Keamanan data RFID dalam	Penelitian ini mendukung aspek keamanan RFID karena membahas

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
		<i>AES and ECDH Cryptography Approach</i>	kriptografi ringan	jaringan IoT	perlindungan data dan komunikasi RFID. Namun, fokusnya berada pada keamanan data, bukan pada evaluasi implementasi sistem pengunci panel listrik dari sisi operasional dan ekonomi teknik.
4	(Wang et al., 2022)	<i>RF-Access: Barrier-Free Access Control Systems with UHF RFID</i>	Pengembangan sistem dan pengujian performa access control	Sistem access control berbasis UHF RFID	Penelitian ini menunjukkan bahwa RFID mampu meningkatkan efisiensi akses melalui mekanisme non-intrusif dan autentikasi otomatis. Namun, penelitian ini tidak berfokus pada panel listrik dan tidak membahas analisis ekonomi teknik implementasi.
5	(Velas et al., 2024))	<i>Testing of Permeability of RFID Access Control System for the Needs of</i>	Eksperimen dan pengujian throughput sistem	Sistem RFID access control untuk manajemen	Penelitian ini penting karena mengevaluasi throughput dan keandalan access control berbasis RFID. Namun,

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
		<i>Security Management</i>	access control	n keamanan	penelitian ini belum meninjau kelayakan implementasi pada panel listrik maupun analisis ekonomi tekniknya.
6	(Musial et al., 2023)	<i>Electromagnetic Safety of Short-Range Radio Frequency Identification Systems</i>	Eksperimen dan analisis keamanan elektromagnetik RFID jarak dekat	Sistem RFID 125 kHz yang digunakan pada access control dan time attendance	Penelitian ini relevan untuk memperkuat pembahasan keamanan RFID pada sistem access control. Namun, fokusnya pada aspek keamanan elektromagnetik, bukan pada evaluasi implementasi pengunci panel listrik dari sisi keamanan akses, efisiensi operasional, dan ekonomi teknik.
7	(Nasution & Andesa, 2024)	<i>RFID and Voice Recognition Based Dual Security System: A Robust Secured</i>	Pengembangan prototipe dan pengujian sistem keamanan ganda	Sistem kunci pintu berbasis RFID dan voice recognition	Penelitian ini menunjukkan bahwa RFID dapat dikombinasikan dengan autentikasi tambahan untuk meningkatkan keamanan akses.

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
		<i>Control to Access Through Door Lock Operation</i>			Namun, objeknya masih pintu umum dan belum menilai implementasi RFID pada panel listrik maupun aspek ekonomi tekniknya.
8	(Asysyauqi et al., 2025)	<i>Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis IoT dengan Teknologi RFID dan Aplikasi Mobile Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani</i>	Pengembangan sistem smart door lock berbasis RFID, IoT, dan Fuzzy Mamdani	Sistem keamanan pintu otomatis	Penelitian ini menunjukkan bahwa smart door lock berbasis RFID dan IoT dapat menjadi solusi keamanan yang lebih efektif dibandingkan kunci tradisional. Namun, penelitian ini masih terbatas pada pintu otomatis dan belum mengevaluasi kelayakan implementasi pada panel listrik dari sisi ekonomi teknik dan efisiensi operasional.
9	Salfian (2025)	<i>Design of Door Security System using RFID Based on</i>	Research and Development melalui perancang	Smart door lock berbasis RFID dan IoT	Penelitian ini relevan karena menunjukkan integrasi RFID, ESP32, dan notifikasi Telegram

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
		<i>IoT at STMIK Kaputama</i>	n dan implementa si prototipe		untuk kontrol akses real-time. Namun, objek penelitian masih berupa pintu ruangan dan belum membahas implementasi pada panel listrik sebagai fasilitas kritis industri.
10	Penulis (2026)	Analisis Kelayakan Implementasi Sistem Pengunci Panel Listrik Berdasarkan RFID: Aspek Ekonomi Teknik, Keamanan Akses, dan Efisiensi Operasional	Evaluasi terintegrasi melalui pengukuran kinerja teknis, analisis ekonomi teknik, dan penilaian keamanan akses	Sistem pengunci panel listrik berbasis RFID	Penelitian ini memiliki kebaruan pada objek kajian berupa panel listrik sebagai fasilitas kritis industri dan pada pendekatan evaluasi terintegrasi yang menggabungkan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional dalam satu kerangka analisis. Dasar awalnya didukung oleh hasil capstone yang telah menunjukkan akurasi pembacaan tinggi,

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
					waktu respons singkat, pencatatan log akses, serta analisis biaya.

Penelitian terdahulu mengenai RFID menunjukkan bahwa teknologi ini telah banyak diterapkan pada sistem kontrol akses, baik untuk pintu laboratorium, ruang arsip, maupun sistem keamanan berbasis IoT. Sebagian penelitian menekankan bahwa RFID mampu meningkatkan keamanan akses, membedakan kartu valid dan tidak valid, serta mendukung pencatatan aktivitas akses secara digital. Sebagian penelitian lain menyoroti pentingnya perlindungan data RFID dan komunikasi sistem agar akses digital tidak mudah disalin, dimanipulasi, atau dieksploitasi oleh pihak yang tidak berwenang (Anderson et al., 2020) .

Walaupun demikian, penelitian-penelitian tersebut pada umumnya masih bersifat parsial. Sebagian hanya berfokus pada kinerja teknis sistem *access control* berbasis RFID, sebagian lain berfokus pada keamanan data dan komunikasi RFID, sedangkan penelitian lain lebih menitikberatkan pada kelayakan investasi di luar konteks panel listrik. Belum banyak penelitian yang secara khusus menempatkan panel listrik sebagai objek kajian dan sekaligus menggabungkan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional dalam satu kerangka evaluasi yang utuh.

Penelitian ini memiliki posisi yang berbeda karena secara khusus mengevaluasi implementasi sistem pengunci panel listrik berbasis RFID sebagai fasilitas kritis industri. Studi pendahuluan melalui *capstone project* sebelumnya berfokus pada perancangan dan validasi awal prototipe, sedangkan penelitian ini melanjutkan ke tahap evaluasi implementasi yang lebih formal melalui pengujian ulang prototipe, perhitungan ulang ekonomi teknik, serta integrasi hasil penilaian menggunakan pembobotan formal berdasarkan pendapat ahli. Dengan demikian,

penelitian ini tidak hanya menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi, tetapi juga menilai kelayak diimplementasikan secara nyata.

Kebaruan penelitian ini terletak pada objek kajian, pendekatan evaluasi, dan dasar pengambilan keputusan implementasi. Penelitian ini menempatkan panel listrik sebagai fasilitas kritis industri yang membutuhkan pengendalian akses lebih ketat daripada objek *access control* umum, seperti pintu ruangan, ruang arsip ataupun laboratorium.

Penelitian ini juga tidak hanya menguji apakah sistem RFID mampu membuka dan mengunci panel, tetapi juga menilai komprehensif dengan mengintegrasikan aspek ekonomi teknik, keamanan akses, dan efisiensi operasional. Integrasi tersebut menjadikan evaluasi lebih lengkap karena sistem dinilai dari sisi biaya

Penelitian ini menggabungkan pengujian ulang prototipe dengan pembobotan formal menggunakan *Analytical Hierarchy Process* berdasarkan penilaian ahli. Dengan cara ini, keputusan akhir tidak hanya didasarkan pada keberhasilan fungsi alat, tetapi juga pada nilai kelayakan terintegrasi yang lebih objektif dan sesuai dengan kebutuhan implementasi di lingkungan industri.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah utama, tujuan penelitian, batasan ruang lingkup, manfaat yang diharapkan dari sisi akademis dan praktis, posisi penelitian terhadap studi terdahulu, serta sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian, meliputi konsep panel listrik dan pengendalian akses, sistem pengunci panel konvensional, teknologi RFID, keamanan akses, efisiensi operasional, ekonomi teknik, metode pembobotan formal yang digunakan, serta penelitian terdahulu yang mendukung pembentukan kerangka pemikiran penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan jenis dan pendekatan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, objek penelitian, alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data, prosedur penelitian, metode pengolahan dan analisis data, serta jadwal pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan proses pengumpulan dan pengolahan data. Bab ini meliputi pembahasan hasil pengujian atau evaluasi terhadap aspek keamanan akses, efisiensi operasional, serta ekonomi teknik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang disusun berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Kesimpulan disajikan secara ringkas untuk menunjukkan temuan utama terkait penerapan teknologi RFID pada sistem pengunci panel listrik. Bab ini juga memuat saran yang ditujukan bagi pihak terkait, baik untuk penerapan sistem secara praktis maupun untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar hasil penelitian dapat digunakan secara lebih optimal.