

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laboratorium merupakan salah satu fasilitas utama dalam penyelenggaraan pendidikan tinggi, khususnya pada Program Studi Teknik Elektro, karena berperan sebagai sarana pelaksanaan praktikum, penelitian, dan penyusunan tugas akhir mahasiswa. Ketersediaan alat laboratorium yang memadai serta pengelolaan inventaris yang baik menjadi faktor penting dalam mendukung kelancaran kegiatan akademik. Pengelolaan inventaris yang dilakukan secara terstruktur tidak hanya bertujuan untuk mengetahui jumlah dan lokasi alat, tetapi juga memastikan bahwa setiap instrumen berada dalam kondisi layak digunakan sehingga mampu menunjang kualitas proses pembelajaran dan penelitian secara optimal [1].

Seiring dengan meningkatnya jumlah mahasiswa, aktivitas praktikum, serta penggunaan berbagai jenis instrumen dan alat laboratorium, proses pengelolaan inventaris menjadi semakin kompleks. Pada banyak laboratorium, pencatatan data alat masih dilakukan secara manual atau menggunakan sistem yang belum terintegrasi sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan, keterlambatan pembaruan data, serta kesulitan dalam melacak riwayat penggunaan alat [2]. Kondisi tersebut menyebabkan informasi inventaris menjadi kurang akurat dan menyulitkan laboran dalam melakukan pengawasan terhadap penggunaan maupun kondisi alat laboratorium.

Selain proses inventarisasi, aspek pemeliharaan (*maintenance*) alat laboratorium juga menjadi perhatian penting. Instrumen seperti osiloskop, multimeter digital, function generator, power supply, dan berbagai peralatan praktikum lainnya digunakan secara berulang dalam kegiatan pembelajaran sehingga mengalami penurunan kondisi seiring dengan intensitas penggunaan. Apabila proses *preventive maintenance* tidak dilakukan secara tepat waktu, kualitas dan keandalan alat dapat menurun serta berpotensi mengganggu pelaksanaan praktikum [3]. Oleh karena itu, diperlukan suatu mekanisme yang mampu membantu laboran dalam menentukan waktu pelaksanaan *preventive maintenance* berdasarkan kondisi penggunaan alat, sehingga proses *maintenance* dapat dilakukan secara lebih terencana dan konsisten.

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem inventaris laboratorium berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) untuk meningkatkan kecepatan identifikasi alat dan akurasi pencatatan inventaris [4]. Implementasi RFID terbukti mampu mempercepat proses inventarisasi serta mengurangi kesalahan pencatatan akibat proses identifikasi secara manual [5]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada fungsi identifikasi, pencatatan inventaris, dan peminjaman alat tanpa mengintegrasikan mekanisme yang mampu memberikan dukungan bagi pengelola, khususnya laboran untuk melakukan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi alat yang digunakan. Akibatnya, data inventaris yang telah dikumpulkan belum dimanfaatkan sebagai dasar dalam mendukung pengambilan keputusan terkait *maintenance* alat laboratorium.

Pemanfaatan teknologi *Near Field Communication* (NFC) dapat diterapkan sebagai solusi untuk mendukung proses digitalisasi inventaris alat laboratorium. Untuk skala operasional laboratorium, penggunaan NFC Tag berbasis *High Frequency* (HF) 13,56 MHz menawarkan kemudahan dalam proses identifikasi alat karena setiap NFC Tag memiliki *Unique Identifier* (UID) yang bersifat unik dan permanen. NFC Tag dapat ditempelkan pada setiap instrumen laboratorium, kemudian dipindai menggunakan *smartphone* Android yang memiliki fitur NFC. Setiap proses pemindaian akan membaca UID secara otomatis tanpa memerlukan input data secara manual, sehingga dapat meminimalkan kesalahan pencatatan identitas maupun riwayat penggunaan alat. UID yang terbaca selanjutnya dicocokkan dengan data inventaris yang tersimpan pada Firebase Cloud Firestore, sehingga informasi inventaris, riwayat penggunaan, serta kondisi alat dapat ditampilkan dan diperbarui secara langsung [6]. Selain mempercepat proses inventarisasi, mekanisme pemindaian ini juga mendorong laboran untuk melakukan pemeriksaan kondisi fisik alat setiap kali alat digunakan, sehingga data penggunaan dan kondisi alat terdokumentasi secara konsisten sebagai dasar dalam proses penentuan rekomendasi *preventive maintenance* dan pelaksanaan kalibrasi secara lebih terstruktur [7].

Selain itu, sistem rekomendasi *preventive maintenance* pada penelitian ini menggunakan metode *rule-based Forward Chaining* karena karakteristik permasalahan yang dihadapi memiliki aturan pemeliharaan yang telah ditetapkan dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) laboratorium. Parameter yang digunakan, seperti jumlah penggunaan (*cycle usage*), lama waktu sejak *maintenance* terakhir, dan kondisi alat, memiliki kriteria yang jelas sehingga dapat direpresentasikan dalam bentuk aturan IF–THEN. Dengan pendekatan tersebut, proses penalaran dapat dilakukan secara sistematis dan setiap rekomendasi yang dihasilkan dapat ditelusuri kembali ke aturan yang digunakan. Selain itu, penelitian ini tidak memerlukan metode berbasis *machine learning* karena tidak tersedia data historis dalam jumlah besar sebagai data pelatihan, sedangkan keputusan yang dihasilkan harus bersifat transparan, konsisten, dan mudah dipahami oleh laboran sebagai dasar pelaksanaan *preventive maintenance*. Oleh karena itu, metode *Forward Chaining* dipilih karena lebih sesuai untuk menghasilkan rekomendasi berdasarkan basis aturan yang telah ditetapkan serta mudah disesuaikan apabila terdapat perubahan kebijakan atau SOP laboratorium [8], [9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusung aplikasi sistem inventaris alat Laboratorium Teknik Elektro berbasis NFC Tag dengan metode *Multi-Layer Forward Chaining* untuk rekomendasi *preventive maintenance*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada identifikasi dan pengelolaan inventaris alat, penelitian ini memanfaatkan data hasil inventarisasi sebagai dasar proses inferensi sehingga sistem tidak hanya mampu melakukan identifikasi dan pencatatan inventaris secara otomatis, tetapi juga memberikan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi alat, jumlah penggunaan (*cycle usage*), serta lama waktu sejak *maintenance* terakhir. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu laboran dalam pengelolaan inventaris sekaligus mendukung pengambilan keputusan terkait pelaksanaan *preventive maintenance* secara lebih terstruktur, konsisten, dan berbasis aturan.

1.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Kajian penelitian terdahulu dilakukan untuk menegaskan keaslian penelitian, mencegah plagiarisme, memunculkan ide-ide baru, dan membandingkan dengan penelitian sebelumnya. Tabel 1.1 menyajikan referensi jurnal penelitian sebelumnya.

Tabel 1.1 Kajian penelitian terdahulu.

No	Judul	Peneliti	Metodologi	Kelebihan	Kekurangan
[10]	Perancangan Sistem Informasi Peminjaman Alat dan Peralatan Laboratorium Berbasis RFID	Akhmad Choerudin <i>et al.</i> (2021)	RFID, NodeMCU ESP8266, Website	Mengotomatisasi identifikasi dan peminjaman alat.	Belum mendukung rekomendasi <i>preventive maintenance</i> .
[1]	<i>Development of Laboratory Equipment Inventory System Using Radio Frequency and Internet of Things</i>	Mochamad Fajar Wicaksono <i>et al.</i> (2021)	RFID, NodeMCU ESP8266, RF433MHz, IoT	Mengotomatisasi inventaris alat berbasis IoT.	Belum menerapkan metode inferensi untuk <i>preventive maintenance</i> .
[11]	<i>Android Based Inventory Management with NFC Enabled for Faster Tracking Items at a Steel Company: A Case Study</i>	Suci Laksono (2021)	Android, NFC Tag	Mempercepat identifikasi dan pelacakan inventaris.	Belum mendukung rekomendasi <i>preventive maintenance</i> .
[12]	<i>Web-Based Laboratory Inventory Application Using QR Code and RFID in Telecommunication Engineering Laboratories/Workshops</i>	Nur Nabila Rabiah <i>et al.</i> (2022)	Prototype, Laravel, QR Code, RFID	Mendukung inventarisasi dan peminjaman alat secara digital.	Belum memanfaatkan data inventaris untuk <i>preventive maintenance</i> .
[13]	<i>Implementation of RFID in the asset management of the Biomolecular Laboratory of Sam Ratulangi University</i>	Putra Rivaldo Imanuel R. <i>et al.</i> (2024)	RFID, berbasis website	Meningkatkan efisiensi pengelolaan aset.	Berfokus pada manajemen aset.

[6]	<i>Development of an NFC-Based Tracking System for Production, Inventory, and Maintenance in Manufacturing</i>	Camile Lopes <i>et al.</i> (2025)	NFC, Inventory Tracking	Meningkatkan <i>traceability</i> , efisiensi, dan akurasi data melalui pelacakan <i>real-time</i> berbasis NFC.	Belum menyediakan rekomendasi <i>preventive maintenance</i> berbasis kondisi alat.
-----	--	-----------------------------------	-------------------------	---	--

Penelitian yang dilakukan oleh [10] membahas perancangan sistem informasi peminjaman alat dan peralatan laboratorium berbasis RFID di Laboratorium Teknik Elektro IT Telkom Purwokerto. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan RFID Reader RC522, NodeMCU ESP8266, serta aplikasi berbasis web untuk mengotomatisasi proses identifikasi peminjam dan pencatatan transaksi peminjaman alat laboratorium. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RFID Reader mampu membaca kartu secara efektif pada jarak 1–3 cm dengan sudut pembacaan hingga 80°. Selain itu, pengujian *Quality of Service* (QoS) memperoleh rata-rata *delay* sebesar 2,49 detik, *throughput* sebesar 958,14 bps, dan *packet loss* mendekati 0%, sehingga sistem dinilai mampu bekerja dengan baik dalam mendukung proses peminjaman alat laboratorium. Meskipun demikian, penelitian ini masih berfokus pada otomatisasi proses peminjaman alat dan belum memanfaatkan data penggunaan alat untuk menganalisis kondisi maupun menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* berbasis metode inferensi.

Penelitian yang dilakukan oleh [1] mengembangkan sistem inventaris peralatan laboratorium berbasis RFID, NodeMCU ESP8266, RF433MHz, dan Internet of Things (IoT). Sistem ini mampu mencatat identitas peminjam, waktu peminjaman dan pengembalian, serta status ketersediaan alat secara otomatis. Selain itu, sistem juga dilengkapi fitur keamanan berupa penguncian lemari dan alarm untuk mencegah akses tanpa izin. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem, mulai dari pembacaan RFID, deteksi alat, hingga pengiriman data ke server, berhasil berjalan dengan tingkat keberhasilan 100%. Namun, penelitian ini masih berfokus pada inventarisasi dan pencatatan peminjaman alat, sehingga belum

menyediakan rekomendasi *preventive maintenance* berbasis metode inferensi seperti *Forward Chaining*.

Penelitian yang dilakukan oleh [11] mengembangkan sistem *inventory management* berbasis Android yang memanfaatkan teknologi *Near Field Communication* (NFC) untuk mempercepat proses identifikasi dan pelacakan inventaris pada sebuah perusahaan baja. Sistem menggunakan *smartphone* Android sebagai *NFC Reader* untuk membaca *NFC Tag* yang ditempelkan pada setiap barang, sehingga proses inventarisasi dapat dilakukan secara lebih cepat dibandingkan metode manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan rata-rata waktu *stocktaking* dari 759,47 detik menjadi 568,91 detik atau meningkatkan efisiensi sebesar 25%, serta menghasilkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji *paired t-test* ($p < 0,05$). Meskipun demikian, penelitian ini masih berfokus pada percepatan proses identifikasi dan pengelolaan inventaris, sehingga belum memanfaatkan data inventaris untuk menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* berbasis metode inferensi seperti *Forward Chaining*.

Penelitian lain yang relevan ditunjukkan dalam jurnal [12] yang mengembangkan aplikasi inventaris laboratorium berbasis web menggunakan *QR Code* dan *RFID* dengan metode *Prototype* serta *framework Laravel*. Sistem digunakan untuk mendukung inventarisasi, peminjaman alat, dan monitoring inventaris laboratorium. Hasil pengujian *Black Box* menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik, sedangkan *QR Code* dan *RFID* mampu melakukan identifikasi alat dan pengguna secara cepat dan akurat. Namun, penelitian ini masih berfokus pada pengelolaan inventaris dan peminjaman alat, serta belum menerapkan metode *Forward Chaining* untuk menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi alat.

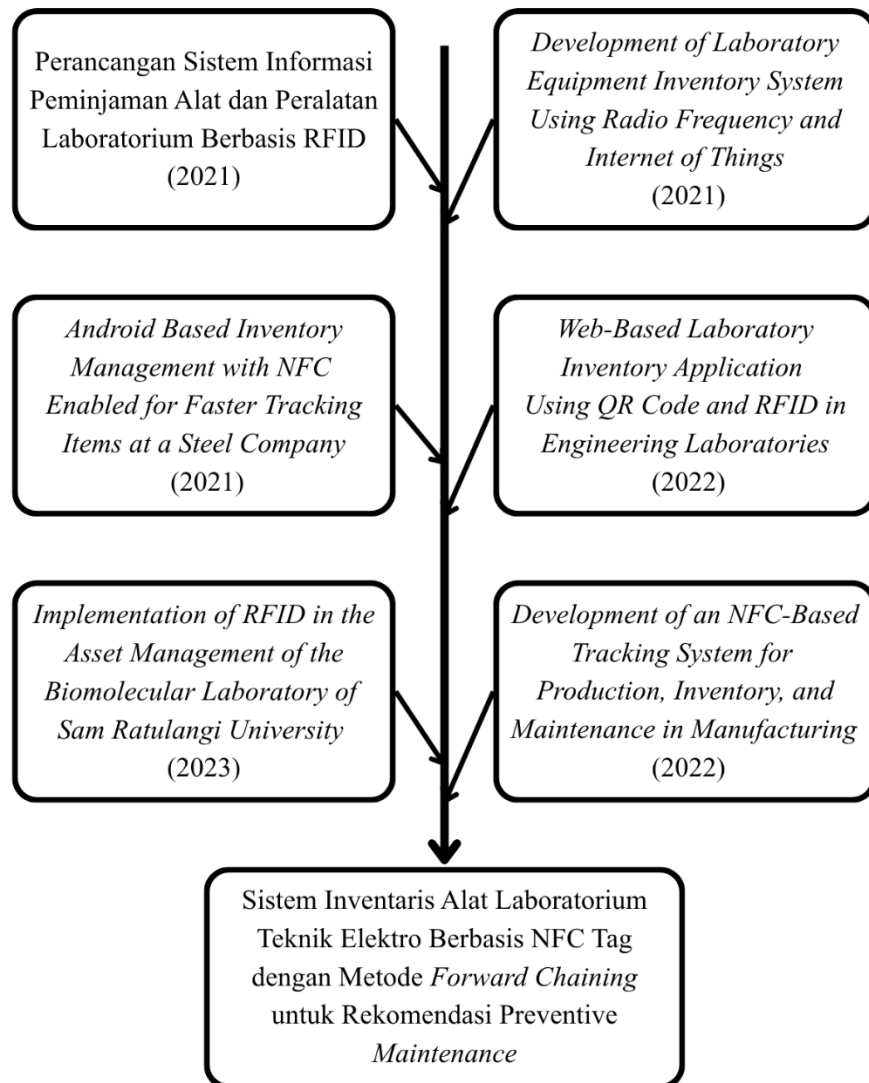
Penelitian dalam artikel [13] mengembangkan sistem pengelolaan aset Laboratorium Biomolekuler Universitas Sam Ratulangi menggunakan teknologi *RFID* yang terintegrasi dengan website. Sistem dibangun menggunakan metode *Waterfall* dan memanfaatkan *RFID tag*, *RFID reader*, serta mikrokontroler *ESP32* untuk mendukung proses identifikasi dan pencatatan aset secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan

aset, mengurangi kesalahan pencatatan (*human error*), serta mempermudah proses monitoring inventaris laboratorium. Meskipun demikian, penelitian ini masih berfokus pada fungsi identifikasi dan pengelolaan aset, serta belum menerapkan metode inferensi seperti *Forward Chaining* untuk menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi maupun riwayat penggunaan alat.

Penelitian oleh [14] mengembangkan sistem pelacakan berbasis *Near Field Communication* (NFC) yang mengintegrasikan proses produksi, inventaris, dan *maintenance* pada lingkungan manufaktur. Sistem memanfaatkan NFC Tag, aplikasi Android, dan basis data terpusat untuk melakukan identifikasi, pelacakan, serta pembaruan status produk secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu meningkatkan *traceability*, akurasi data, dan efisiensi pengelolaan inventaris, serta memperoleh nilai *System Usability Scale* (SUS) sebesar 72,08, yang menunjukkan tingkat kegunaan sistem berada pada kategori baik. Namun, penelitian ini masih berfokus pada pencatatan dan pelacakan proses *maintenance*, serta belum menerapkan metode inferensi seperti *Forward Chaining* untuk menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi atau riwayat penggunaan aset.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa berbagai penelitian telah berhasil memanfaatkan teknologi RFID maupun NFC untuk mendukung proses inventarisasi, identifikasi, pelacakan, pengelolaan aset, serta pencatatan aktivitas *maintenance*. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses identifikasi, pencatatan inventaris, dan monitoring aset, sementara data penggunaan maupun riwayat penggunaan alat belum dimanfaatkan sebagai dasar dalam menghasilkan rekomendasi *preventive maintenance* melalui proses inferensi berbasis aturan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem inventaris alat Laboratorium Teknik Elektro berbasis NFC Tag dengan menerapkan metode *Multi-Layer Forward Chaining* untuk menghasilkan rekomendasi pelaksanaan *preventive maintenance* berdasarkan *cycle usage*, waktu sejak *maintenance* terakhir, dan kondisi alat. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan identifikasi dan pencatatan inventaris secara digital, tetapi juga membantu laboran dalam menentukan

rekomendasi tindakan *preventive maintenance* secara lebih terstruktur, konsisten, dan mudah ditelusuri berdasarkan basis aturan (*rule base*) yang telah ditetapkan. Hubungan antar penelitian terdahulu dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Hubungan penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi Sistem Inventaris Alat Laboratorium Teknik Elektro Berbasis NFC Tag Menggunakan Metode *Forward Chaining* Untuk Rekomendasi *Preventive Maintenance*?

2. Bagaimana kinerja sistem yang dikembangkan dalam mengelola pemindaian data alat, akurasi penalaran *rule-based forward chaining*, serta penyajian rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kondisi pemakaian alat?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem inventaris alat Laboratorium Teknik Elektro berbasis NFC Tag untuk mendukung proses identifikasi dan pencatatan data alat laboratorium secara terstruktur.
2. Menganalisis kinerja sistem dalam mengelola proses pemindaian data alat, akurasi penalaran menggunakan metode *Forward Chaining*, serta penyajian notifikasi rekomendasi pemeliharaan berdasarkan kondisi pemakaian alat.

1.4.2 Manfaat

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat dirasakan oleh bidang akademis dan bidang praktis, baik dalam aspek pengembangan keilmuan maupun penerapan sistem di lingkungan laboratorium perguruan tinggi.

1. Manfaat Praktis: Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengelola laboratorium dalam meningkatkan akurasi pencatatan inventaris alat melalui penggunaan NFC Tag. Selain itu, sistem yang dikembangkan dapat mendukung pengelolaan *maintenance* alat secara lebih terencana melalui rekomendasi pelaksanaan *preventive maintenance* berbasis metode *Forward Chaining*, sehingga kondisi dan ketersediaan alat laboratorium dapat terjaga dengan baik.
2. Manfaat Akademis: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan keilmuan di bidang sistem inventaris cerdas, khususnya dalam penerapan teknologi NFC Tag yang diintegrasikan dengan metode *Forward Chaining* untuk rekomendasi *preventive maintenance*. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengelolaan inventaris dan pemeliharaan aset laboratorium berbasis inferensi aturan (*rule-based*).

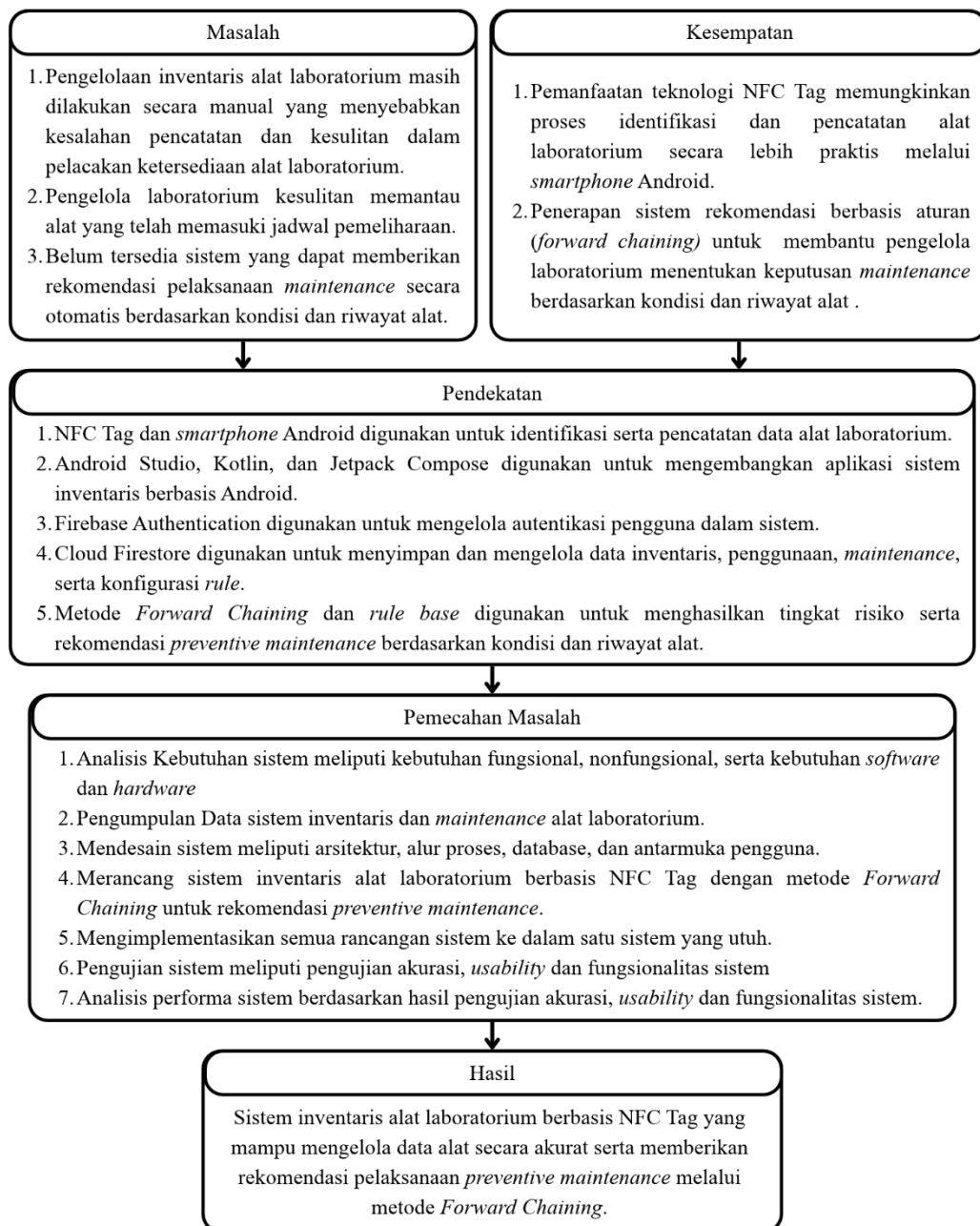
1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan untuk menjaga fokus pada pengembangan sistem inventaris alat laboratorium Teknik Elektro berbasis RFID dengan integrasi *rule-based forward chaining*. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem inventarisasi internal dan manajemen data alat pada Laboratorium Jurusan Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
2. Teknologi identifikasi fisik alat menggunakan media stiker *Near Field Communication* (NFC sticker tag) yang bekerja secara spesifik pada *High Frequency* (HF) 13,56 MHz.
3. Penentuan status kelayakan dan rekomendasi *preventive maintenance* pada alat menggunakan metode inferensi *rule-based forward chaining*.
4. Hak akses pengguna (*user privilege*) sistem dibatasi secara internal hanya untuk pengelola laboratorium, yang terdiri dari tingkatan akun Laboran (*Admin*), dan asisten laboratorium (Aslab).
5. *Platform* yang digunakan hanya dirancang khusus untuk *mobile app* berbasis android.
6. Sistem ini hanya difokuskan untuk *smartphone* berbasis android yang mendukung fitur NFC

1.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir memuat jalan pemikiran yang berisi penjabaran sistematis mengenai informasi dari masalah penelitian yang diperkirakan mampu diselesaikan melalui pendekatan maupun analisisnya. Kerangka berpikir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka berpikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan total 6 bab. Adapun penjabaran dari setiap bab pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, kajian riset terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini berisi tinjauan pustaka atau penjelasan tentang seluruh aspek yang terkait dengan penelitian, meliputi konsep dasar inventarisasi, rekomendasi *preventive maintenance* (pemeliharaan) instrumen laboratorium, teknologi *Near Field Communication* (NFC), *Firestore Database*, serta konsep Sistem Pakar dengan metode inferensi *Forward Chaining*, serta teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, diagram alir serta tahapan-tahapan untuk pemecahan masalah yang terdapat pada penelitian dengan sistematis agar hasil yang didapatkan bisa sesuai dengan harapan.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas perancangan dan implementasi sistem yang mencakup perancangan penggunaan *NFC Tag* pada alat, perancangan perangkat lunak (*software*) berupa aplikasi Android khusus Admin (Laboran) yang memanfaatkan sensor NFC internal *smartphone*, serta perancangan basis aturan (*rule-based*) *Forward Chaining* untuk penentuan status *maintenance*, pembuatan basis data di *Firestore*, implementasi logika pemrograman *Forward Chaining* ke dalam sistem, serta pembuatan antarmuka (*User Interface*) pada aplikasi Android.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menguraikan skenario pengujian dan hasil evaluasi kinerja dari sistem yang telah diimplementasikan. Pengujian mencakup pengujian teknis (*System Acceptance Testing* / SAT) seperti validasi aturan (*rule validation*) dan akurasi sistem pakar dalam memberikan keputusan *maintenance*, serta pengujian pengguna (*User Acceptance Testing* / UAT) untuk mengetahui tingkat kelayakan operasional sistem oleh pengelola laboratorium.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian penutup yang berisi kesimpulan dari hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang membangun untuk penyempurnaan dan pengembangan sistem di masa yang akan datang.