

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Intensitas atau *trend* kegiatan mendaki gunung semakin marak dan mengalami peningkatan yang signifikan. Rahman Mukhlis selaku ketua umum Asosiasi Pemandu Gunung Indonesia (APGI), mencatat sepanjang tahun 2023, sebanyak 350 ribu wisatawan mancanegara dan 9 juta wisatawan nusantara melakukan pendakian gunung yang ada di Indonesia. Selain itu, berdasarkan survei dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, telah didapatkan data sampah dari 8 destinasi, diantaranya Taman Nasional Kerinci Seblat, Taman Nasional Gunung Rinjani, Taman Nasional Gede Pangrango, Taman Nasional Gunung Merbabu, Taman Nasional Gunung Merapi, Gunung Sindoro, Gunung Argopuro, dan Gunung Prau, terdapat 453 ton sampah yang dihasilkan oleh 150.688 orang pendaki pengunjung setiap tahunnya, atau sekitar tiga kilogram sampah per pengunjung. 53% dari total sampah yang dihasilkan yaitu merupakan sampah plastik[1].

Plastik merupakan material yang dapat ditemukan dalam berbagai produk sehari-hari, mulai dari botol minum hingga alat rumah tangga lainnya. Menurut penelitian, penggunaan plastik yang tidak memenuhi standar dapat memicu risiko kesehatan, termasuk kanker dan kerusakan jaringan tubuh. Plastik juga sangat sulit terurai di lingkungan, menyebabkan polusi jangka panjang. *Bisphenol-A*, salah satu komponen dalam plastik, dikaitkan dengan beberapa masalah kesehatan seperti peningkatan risiko kanker dan perubahan hormonal. Limbah plastik yang bertahan lama berkontribusi pada pencemaran lingkungan [2].

Hingga saat ini, permasalahan sampah yang didominasi oleh sampah plastik pendaki masih belum dapat diselesaikan dengan optimal. Bahkan di beberapa kawasan pendakian masih belum menerapkan sistem pengecekan logistik terintegrasi. Dalam konsep optimalisasi pengelolaan sampah logistik di kawasan pendakian gunung, Sistem pengecekan logistik terintegrasi merupakan solusi yang krusial untuk mengelola alur pasokan dan timbulan sampah sisa logistik yang di bawa pendaki. Namun kenyataan pada saat ini masalah tersebut belum dapat terselesaikan dengan praktis dan maksimal.

Penelitian sebelumnya oleh [3] telah mengembangkan alat pengecek sampah pendaki gunung berbasis Raspberry Pi 3 dan barcode scanner. Sistem tersebut menggunakan NetBeans sebagai antarmuka dan phpMyAdmin untuk pengelolaan database. Namun, sistem ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk ketergantungan pada perangkat keras spesifik dan overhead

performa pada database. Hal ini didukung oleh penelitian [4] yang menunjukkan bahwa penggunaan phpMyAdmin memiliki response time yang lebih lambat dibandingkan alternatif lainnya.

Selain itu hasil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [3], menunjukkan bahwa dari segi arsitektur sistem, ketergantungan pada perangkat keras Raspberry Pi 3 dan antarmuka desktop-based membatasi fleksibilitas operasional di lapangan. Penggunaan phpMyAdmin sebagai *database management tool* menimbulkan overhead performa, terutama pada kondisi *load* tinggi. Selain itu, tidak adanya mekanisme caching atau *fault tolerance* menyebabkan sistem rentan terhadap kegagalan, terutama di kawasan pendakian yang sering kali memiliki koneksi internet yang tidak stabil.

Sebagai langkah lanjutan, penelitian ini mengusulkan inovasi berupa pengembangan sistem aplikasi Android untuk mengecek sampah logistik secara lebih efektif dan efisien. Sistem ini dirancang tidak hanya untuk mendukung pengelolaan logistik pendaki tetapi juga untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam pendeteksian sampah. Untuk mewujudkan hal tersebut, tiga pendekatan teknologi utama akan diterapkan, yaitu *Offline-First Design* untuk keberlanjutan penggunaan aplikasi, *Circuit Breaker Pattern* untuk menjaga keandalan sistem, dan struktur data CRDTs (Conflict-free Replicated Data Types) untuk memastikan konsistensi data pada wilayah dengan koneksi internet yang tidak stabil.

Pendekatan *Offline-First Design* dirancang untuk memastikan aplikasi tetap dapat berfungsi dengan baik meskipun tanpa koneksi internet yang stabil, suatu kondisi yang sering ditemui di kawasan pendakian gunung. Aplikasi ini mampu menyimpan data secara lokal di perangkat pengguna dengan mekanisme *background synchronization*. Ketika koneksi tersedia, sistem menerapkan strategi sinkronisasi yang cerdas, seperti *delta sync* untuk mengurangi konsumsi bandwidth, serta *batch uploads* untuk efisiensi transmisi. Konflik data diselesaikan menggunakan pendekatan *conflict resolution* otomatis yang memastikan bahwa data tidak tumpang tindih saat sinkronisasi terjadi, melalui strategi seperti *last write wins* atau *merge strategy*. Hal ini memungkinkan data sampah logistik tetap tercatat tanpa gangguan, sehingga proses pengelolaan dapat terus berjalan. Selain itu, pendekatan ini didukung oleh manajemen *state* yang efektif untuk menjaga konsistensi data antara penyimpanan lokal dan server. Feedback interaktif kepada pengguna, seperti indikator sinkronisasi atau notifikasi saat data berhasil diunggah, memastikan pengalaman pengguna tetap optimal dan transparan. Pendekatan ini sangat relevan di era modern, di mana volume data yang dihasilkan semakin besar, dan bisa menjadi solusi ketika digunakan di wilayah dengan koneksi internet yang tidak stabil [5].

Selain itu, untuk memastikan performa API yang andal dalam situasi kritis, penelitian ini menerapkan pendekatan *Circuit Breaker Pattern*. Pola ini berfungsi sebagai pengaman antara layanan utama dan tujuan dengan cara memantau kinerja API secara terus-menerus. Ketika terjadi kegagalan berulang yang melebihi ambang batas tertentu, *circuit breaker* akan memblokir sementara permintaan berikutnya ke layanan yang bermasalah, sehingga mencegah kerusakan sistem yang lebih luas. Setelah layanan kembali stabil, *circuit breaker* secara otomatis mengizinkan akses kembali, memastikan aplikasi tetap responsif meskipun dalam situasi sulit [6]. Pendekatan ini sangat penting dalam pengelolaan sampah logistik, di mana data yang dikirimkan melalui API memerlukan kecepatan dan keandalan tinggi untuk mendukung pengambilan keputusan secara real-time.

Selanjutnya, untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam menangani data secara efektif pada lingkungan yang tidak selalu terhubung ke jaringan, pendekatan (CRDTs) *Conflict-free Replicated Data Types* akan diterapkan. CRDTs adalah keluarga struktur data yang dirancang untuk sistem yang sangat tersedia, memungkinkan replikasi data yang dapat diperbarui secara independen dan bersamaan tanpa memerlukan koordinasi. CRDT terdiri dari dua jenis utama, yaitu state-based dan operation-based [7]. Dalam konteks sistem yang diusulkan, CRDTs akan digunakan untuk memastikan konsistensi data logistik meskipun terjadi pembaruan secara bersamaan pada beberapa perangkat yang terpisah. CRDTs, baik yang berbasis state atau operasi, dapat menyelesaikan masalah sinkronisasi data dalam kondisi jaringan yang tidak stabil. Misalnya, CRDT berbasis state mensinkronkan replika dengan bertukar seluruh status lokal secara periodik, sementara CRDT berbasis operasi hanya mengirimkan pembaruan status yang telah terjadi, yang lebih efisien dari segi komunikasi. Delta-based CRDTs, yang menggabungkan elemen dari kedua jenis ini, lebih efisien dalam mengurangi overhead komunikasi, karena hanya perubahan *delta* yang dikirimkan, bukan seluruh status data. Pendekatan ini sangat cocok untuk aplikasi yang beroperasi di lingkungan dengan keterbatasan koneksi seperti di kawasan pendakian, di mana hanya perubahan terbaru yang perlu disinkronkan antar perangkat untuk menjaga konsistensi data secara efisien.

Sebagai bagian dari inovasi yang diusulkan, penelitian ini memanfaatkan sistem *object detection* dengan metode YOLO untuk mendukung proses *object detection* sampah berbasis citra. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah YOLOv5, sebuah singkatan dari *You Only Look Once* versi 5, adalah sebuah kerangka kerja dalam penelitian ini yang berfokus pada deteksi objek dalam citra dan dibangun berdasarkan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) [8]. Metode *You Only Look Once* (YOLO) dipilih karena keunggulan dalam melakukan deteksi objek dengan kecepatan tinggi hingga 45 *frame per second* (FPS) [9]. Selain

kecepatannya, YOLOv5 juga dikenal mampu mendeteksi objek dengan akurasi yang baik, bahkan pada objek kecil [10].

Penelitian ini diharapkan mampu menjadi solusi atas permasalahan sampah di kawasan pendakian gunung dengan mengedepankan inovasi teknologi serta memilih pendekatan desain yang tepat, tetapi juga berpotensi meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem dalam kondisi operasional yang menantang. Implementasi *Offline-First Design* yang diusulkan memastikan bahwa aplikasi tetap berfungsi dengan optimal meskipun dalam kondisi keterbatasan jaringan di kawasan pendakian gunung. Pendekatan *Circuit Breaker Pattern* yang diterapkan dalam sistem berfokus untuk meningkatkan keandalan dan performa API dengan memitigasi risiko kegagalan berulang. Pola ini bekerja dengan memantau kinerja API secara real-time dan mencegah API dari kelebihan beban yang dapat menyebabkan latensi tinggi atau kegagalan total, memastikan API tetap cepat dan responsif, bahkan dalam kondisi beban yang tinggi. Sementara itu, penggunaan CRDT sebagai solusi untuk memastikan konsistensi data di berbagai perangkat dalam kondisi jaringan yang tidak stabil memungkinkan aplikasi mengelola data secara efisien dan bebas konflik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan aplikasi berbasis Android dengan pendekatan *Offline-First Design* yang terintegrasi dengan model yang dikembangkan menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO) untuk mendukung deteksi objek dan pengelolaan sampah di kawasan pendakian gunung dengan keterbatasan koneksi internet?
2. Bagaimana implementasi *Circuit Breaker Pattern* dapat meningkatkan keandalan dan ketahanan sistem API dalam menghadapi kegagalan berulang pada aplikasi yang digunakan di kawasan dengan koneksi internet yang tidak stabil?
3. Bagaimana penerapan *Conflict-free Replicated Data Types* (CRDT) dapat memastikan konsistensi data logistik sampah antar perangkat di aplikasi Android, meskipun terjadi pembaruan data secara bersamaan dan di wilayah dengan koneksi internet yang tidak stabil?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan peneliti agar pembahasan dalam penelitian ini tidak menyimpang dari pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya fokus pada merancang dan membangun aplikasi mobile untuk memvalidasi sampah logistik pendaki gunung yang hanya terbatas pada platform Android.
2. Penelitian ini menggunakan implementasi Circuit Breaker yang hanya berfokus pada isolasi layanan yang gagal dengan skema *retry mechanism* di kawasan dengan konektivitas yang tidak stabil.
3. Penggunaan CRDT dalam penelitian ini terbatas pada konteks memastikan konsistensi data logistik sampah antar perangkat melalui implementasi *Vector Clock* dan mekanisme merge otomatis dengan strategi *last-writer-wins*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam tugas akhir skripsi adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun aplikasi android deteksi sampah logistik pendaki gunung .

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan didapat dengan adanya penelitian tugas akhir skripsi adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat mendorong inovasi dalam pemanfaatan teknologi untuk masalah lingkungan.
2. Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem pengelolaan sampah yang lebih terintegrasi.
3. Pengurangan sampah dapat membantu menjaga kelestarian ekosistem di kawasan pendakian.