BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi seluler telah menjadikan perangkat telepon seluler sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari aktivitas masyarakat modern. Tingginya tingkat kepemilikan dan penggunaan perangkat seluler pada hampir seluruh lapisan masyarakat menjadikan perangkat tersebut melekat pada aktivitas harian penggunanya [1]. Skala penggunaan ini menjadikan jaringan seluler sebagai sumber jejak digital terbesar yang dihasilkan secara pasif oleh perangkat pengguna setiap harinya. Setiap perangkat yang aktif dalam jaringan operator akan berinteraksi secara otomatis dengan Base Transceiver Station (BTS) terdekat dan tercatat dengan parameter identitas jaringan berupa Mobile Country Code (MCC), Mobile Network Code (MNC), Location Area Code (LAC), dan Cell ID yang bersama-sama membentuk Cell Global Identity (CGI) sebagai pengenal unik sel jaringan [2]. Cell ID sendiri merupakan pengenal yang membedakan setiap sel dalam satu area Location Area Code, di mana satu BTS yang memiliki beberapa sektor antena akan memiliki beberapa Cell ID berbeda, satu untuk masing-masing sektor, sehingga parameter inilah yang menjadi titik masuk proses penentuan lokasi perangkat berbasis jaringan seluler. Rekam jejak interaksi inilah yang menjadi sumber data primer bagi proses analisis lokasi perangkat berbasis jaringan seluler.

Pemanfaatan data jaringan seluler memiliki peran penting dalam konteks investigasi digital. Tinjauan sistematis terhadap studi-studi pemanfaatan data ponsel dalam aplikasi kriminologi menunjukkan bahwa data berbasis BTS terbukti digunakan untuk melacak keberadaan perangkat, menganalisis pola pergerakan, serta mendukung proses rekonstruksi kronologi suatu kejadian [1]. Pada konteks investigasi forensik, data berbasis BTS sering menjadi sumber lokasi yang relevan ketika data berbasis Global Positioning System (GPS) tidak tersedia, baik karena perangkat sudah tidak ditemukan secara fisik, fitur GPS dimatikan, maupun karena rentang waktu kejadian sudah lewat. Catatan

jaringan seluler tetap tersimpan di sisi operator sebagai bagian dari Call Detail Record (CDR) dan dapat diakses melalui mekanisme hukum, sehingga data ini banyak digunakan sebagai bahan bukti dalam praktik penegakan hukum [3], [4]. Oleh karena itu, kemampuan untuk mengolah dan menginterpretasikan data Cell ID secara tepat menjadi kebutuhan yang semakin penting dalam kegiatan investigasi digital modern.

Namun demikian, data Cell ID yang diperoleh dari operator telekomunikasi tidak secara langsung menunjukkan koordinat geografis perangkat. Untuk memperoleh informasi lokasi, diperlukan beberapa tahapan analisis yang meliputi interpretasi parameter Cell ID, proses *lookup* koordinat BTS melalui basis data atau layanan eksternal, serta analisis sektor antena BTS yang melayani perangkat dengan memperhatikan arah hadap dan lebar pancaran antena [5]. Estimasi yang dihasilkan dari data Cell ID bersifat area geografis perkiraan, bukan penentuan titik lokasi presisi [5], [6]. Setiap tahapan memerlukan pemahaman teknis dan penggunaan tools pendukung yang berbeda-beda. Apabila seluruh tahapan dilakukan secara manual menggunakan tools yang tidak saling terintegrasi, proses analisis menjadi memakan waktu lama dan rentan terhadap kesalahan interpretasi pada setiap titik prosesnya, sebagaimana ditegaskan dalam analisis terhadap praktik geolokasi berbasis CDR yang digunakan di pengadilan [4].

Persoalan menjadi semakin kompleks ketika analisis dilakukan menggunakan beberapa tools terpisah tanpa integrasi dalam satu sistem yang terpusat. Fragmentasi data lintas tools menyebabkan proses analisis sulit terdokumentasi secara sistematis, riwayat analisis sulit ditelusuri kembali, dan reproduksibilitas hasil sulit dijamin, kondisi yang pada akhirnya memengaruhi keandalan bukti digital yang dihasilkan [7], [8].

Kondisi serupa ditemukan di Unit Siber Direktorat Reserse Kriminal Khusus (Ditreskrimsus) POLDA DIY berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan peneliti pada lingkungan kerja unit tersebut. Cell ID menjadi data utama yang digunakan unit tersebut untuk menganalisis lokasi perangkat dalam penanganan perkara. Alur kerjanya berlangsung sebagai berikut. Penyidik memperoleh data Cell ID dari operator telekomunikasi melalui mekanisme

permintaan resmi, kemudian memproses parameter tersebut melalui layanan Unwired Labs untuk memperoleh koordinat BTS. Koordinat hasil pemrosesan disalin secara manual ke Google Maps guna menentukan titik lokasi BTS pada peta, sementara perhitungan radius cakupan dan estimasi area melalui triangulasi dikerjakan secara manual di luar kedua layanan tersebut. Hasil akhirnya disusun pada lembar kerja terpisah. Seluruh perpindahan data antartahapan dilakukan dengan pengetikan ulang dan penyalinan manual karena keempat alat bantu tersebut tidak saling terhubung. Akibatnya waktu pengerjaan bertambah, peluang kesalahan penyalinan terbuka pada setiap perpindahan, dan riwayat analisis tidak tersimpan secara terpusat sehingga sulit ditelusuri kembali ketika dibutuhkan.

Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menyatukan kelima tahapan tersebut ke dalam satu antarmuka. Penyidik cukup memasukkan parameter Cell ID satu kali, kemudian sistem mengembalikan titik koordinat BTS beserta radius cakupannya, menampilkannya pada peta interaktif, dan menyimpan riwayat analisis secara otomatis tanpa penyalinan manual antar alat bantu.

Di sisi lain, penyelesaian permasalahan tersebut tidak cukup berhenti pada tersedianya sistem yang terintegrasi secara fungsional. Sistem yang dikembangkan akan digunakan oleh penyidik yang berlatar belakang operasional penegakan hukum, bukan pengembang perangkat lunak, sehingga keberhasilan adopsi sistem dalam alur kerja investigasi sangat bergantung pada kemudahan sistem tersebut untuk dipelajari dan digunakan. Sistem analisis yang fungsional tetapi sulit digunakan justru berpotensi memunculkan bentuk kesalahan baru berupa kekeliruan pengoperasian dan pembacaan hasil, padahal keandalan interpretasi merupakan aspek krusial dalam praktik analisis lokasi perangkat berbasis data seluler untuk kepentingan pembuktian [4]. Oleh karena itu, aspek learnability sistem perlu dievaluasi secara sistematis agar permasalahan penggunaan dapat diidentifikasi dan diperbaiki sebelum sistem diadopsi secara operasional, dan hasil evaluasi tersebut menjadi dasar perumusan rekomendasi perbaikan bagi pengembangan sistem pada iterasi berikutnya.

Sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web dengan mempertimbangkan karakteristik pekerjaan analisis Cell ID di unit tersebut. Pertimbangan pertama berkaitan dengan sumber data sistem. Koordinat BTS diperoleh melalui layanan Unwired Labs yang diakses secara daring, sehingga fungsi utama sistem tetap menuntut koneksi jaringan sekalipun sistem dipasang secara lokal pada perangkat. Dalam kondisi tersebut, aplikasi desktop tidak memberikan keunggulan berupa kemandirian dari jaringan, sementara arsitektur berbasis web menghapus kebutuhan pemasangan dan pemutakhiran pada setiap perangkat. Pertimbangan ini sejalan dengan kebiasaan kerja yang telah berjalan, karena kedua alat bantu yang selama ini digunakan penyidik, yaitu layanan Unwired Labs dan Google Maps, sama-sama diakses melalui peramban.

Pertimbangan kedua berkaitan dengan pengelolaan token layanan eksternal. Kuota permintaan pada layanan Unwired Labs bersifat terbatas dan melekat pada token tertentu. Apabila sistem dipasang secara terpisah pada perangkat masing-masing penyidik, setiap pemasangan menuntut token tersendiri sehingga kuota tidak dapat dikelola secara kolektif dan ketersediaan layanan sulit dijaga. Arsitektur berbasis web memungkinkan sekumpulan token dikelola secara terpusat oleh administrator dan digunakan bersama seluruh penyidik, sebagaimana diwujudkan melalui fitur Token Management pada sistem.

Pertimbangan ketiga berkaitan langsung dengan permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini, yaitu riwayat analisis yang tersimpan terpisah pada lembar kerja masing-masing penyidik. Penyelesaian atas permasalahan tersebut menuntut satu basis data bersama yang dapat diakses seluruh personel, dan kebutuhan tersebut secara langsung mengarah pada arsitektur klien-server. Pada arsitektur yang sama, pembatasan hak akses berdasarkan peran dapat dikelola dari satu tempat, sehingga kewenangan terhadap data investigasi tetap terkendali sesuai struktur unit dan penelusuran kembali proses analisis dapat dilakukan sebagaimana dituntut prinsip chain of custody [7], [8].

Pertimbangan keempat berkaitan dengan metode pengembangan yang digunakan. Evolutionary prototyping menuntut sistem diperbarui secara bertahap berdasarkan umpan balik pengguna pada setiap iterasi. Pada arsitektur

berbasis web, pemutakhiran cukup dilakukan pada sisi peladen dan hasilnya langsung dapat dicoba pengguna, sehingga siklus umpan balik antar-iterasi berlangsung lebih singkat dibandingkan pendekatan yang menuntut pemasangan ulang pada setiap perangkat.

Berbagai kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses analisis lokasi perangkat berbasis data Cell ID untuk mendukung kegiatan investigasi digital saat ini masih menghadapi keterbatasan, baik dari sisi keterpaduan tools yang digunakan maupun dari sisi dokumentasi proses analisis. Di samping itu, penyediaan sistem terintegrasi sebagai solusi atas keterbatasan tersebut perlu disertai kepastian bahwa elemen antarmukanya sesuai dengan ekspektasi pengguna saat pertama kali digunakan. Permasalahan ini perlu mendapat perhatian agar seluruh tahapan analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID dapat dilaksanakan dalam satu antarmuka terpadu dengan riwayat analisis yang tersimpan secara otomatis, sehingga proses analisis yang telah dilakukan dapat ditelusuri kembali ketika dibutuhkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan kondisi yang telah diuraikan pada latar belakang, akar masalah yang menjadi fokus penelitian ini adalah proses analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID dalam kegiatan investigasi digital saat ini, termasuk di lingkungan Unit Siber Ditreskrimsus POLDA DIY, masih banyak dilakukan menggunakan tools yang terpisah dan tidak terintegrasi dalam satu sistem terpusat, sehingga perpindahan data antartahapan harus dilakukan secara manual. Kondisi tersebut menambah waktu pengerjaan, membuka peluang kesalahan penyalinan pada setiap perpindahan, serta menyebabkan riwayat analisis tidak tersimpan secara terpusat sehingga sulit ditelusuri kembali. Penyelesaian akar masalah tersebut menuntut dua kebutuhan yang saling berkaitan, yaitu tersedianya sistem berbasis web yang menyatukan seluruh tahapan analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID dalam satu antarmuka, yaitu konversi parameter Cell ID menjadi koordinat BTS, perhitungan sektor antena, estimasi area aktivitas perangkat dari beberapa BTS, pencatatan riwayat analisis, serta pengelolaan akses pengguna, serta jaminan bahwa sistem tersebut memiliki tingkat kesesuaian antarmuka

dengan ekspektasi pengguna (learnability) yang memadai bagi penyidik sebagai pengguna sasaran. Kedua kebutuhan tersebut menjadi dasar perumusan pertanyaan penelitian pada subbab berikutnya.

1.3. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana mengembangkan sistem BTS Tracker berbasis web yang mengintegrasikan proses analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID untuk mendukung kegiatan investigasi digital?
2. Sejauh mana elemen antarmuka pada artefak yang dibuat sesuai dengan ekspektasi mental pengguna saat pertama kali mencoba menyelesaikan tugas, serta bagaimana rekomendasi perbaikan yang dirumuskan berdasarkan hasil evaluasi tersebut?

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan sistem BTS Tracker berbasis web yang mengintegrasikan proses analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID dalam satu sistem terpadu untuk mendukung kegiatan investigasi digital.
2. Mengidentifikasi kesenjangan antara desain antarmuka dengan ekspektasi pengguna menggunakan metode Cognitive Walkthrough dengan melibatkan penyidik sebagai pengguna sasaran, serta merumuskan rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil evaluasi tersebut.

1.5. Batasan Masalah

1. Sistem yang dikembangkan menggunakan data jaringan seluler berbasis Cell ID sebagai sumber masukan utama dan tidak memanfaatkan data lokasi berbasis Global Positioning System (GPS) perangkat.
2. Data masukan sistem dibatasi pada empat parameter jaringan seluler, yaitu Mobile Country Code (MCC), Mobile Network Code (MNC), Location Area Code (LAC), dan Cell ID.
3. Sistem memanfaatkan layanan eksternal Unwired Labs sebagai sumber basis data koordinat BTS. Akurasi dan kelengkapan informasi BTS yang dihasilkan

sistem bergantung pada cakupan layanan tersebut, sehingga penelitian ini tidak menguji akurasi geolokasi yang dihasilkan sistem, baik terhadap data pembanding di lapangan maupun terhadap sumber basis data BTS lainnya.

4. Fitur Triangulasi BTS pada sistem ini menggunakan pendekatan centroid geometris sebagai aproksimasi indikatif dan tidak menerapkan metode estimasi lokasi berbasis rekayasa frekuensi radio. Keluaran fitur ini ditujukan sebagai penunjuk arah awal penelusuran investigasi dan tidak dimaksudkan sebagai dasar penentuan lokasi untuk kepentingan pembuktian di pengadilan.
5. Sistem yang dikembangkan mencakup mekanisme autentikasi dan pembatasan akses berbasis peran (*role-based access control*) sesuai kebutuhan operasional instansi. Namun penelitian ini tidak mencakup pengujian keamanan sistem secara formal seperti penetration testing atau vulnerability assessment.
6. Evaluasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah evaluasi *learnability*, yaitu kesesuaian elemen antarmuka dengan ekspektasi mental pengguna ketika pertama kali menyelesaikan tugas, sesuai karakteristik metode Cognitive Walkthrough. Atribut *usability* lainnya, yaitu *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction*, tidak menjadi objek evaluasi dalam penelitian ini. Penelitian ini juga tidak mencakup evaluasi performa teknis sistem maupun pembahasan aspek performa jaringan dan infrastruktur server.
7. Subjek evaluasi Cognitive Walkthrough adalah personel Unit Siber Ditreskrimsus POLDA DIY sebagai pengguna sasaran sistem, hasil evaluasi merepresentasikan konteks penggunaan di unit tersebut dan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi pada unit investigasi digital di instansi lain.
8. Istilah pengguna baru dalam penelitian ini merujuk pada peran metodologis yang disimulasikan evaluator sesuai ketentuan metode Cognitive Walkthrough, yaitu pengguna yang belum pernah menggunakan sistem BTS Tracker sebelumnya serta menyelesaikan skenario tugas tanpa pelatihan maupun panduan penggunaan. Istilah ini tidak menuntut evaluator merupakan pihak yang awam terhadap domain analisis lokasi perangkat

berbasis Cell ID. Evaluator dalam penelitian ini merupakan praktisi yang telah menguasai domain tersebut, namun berstatus baru terhadap sistem yang dievaluasi.

1.6. Manfaat Penelitian

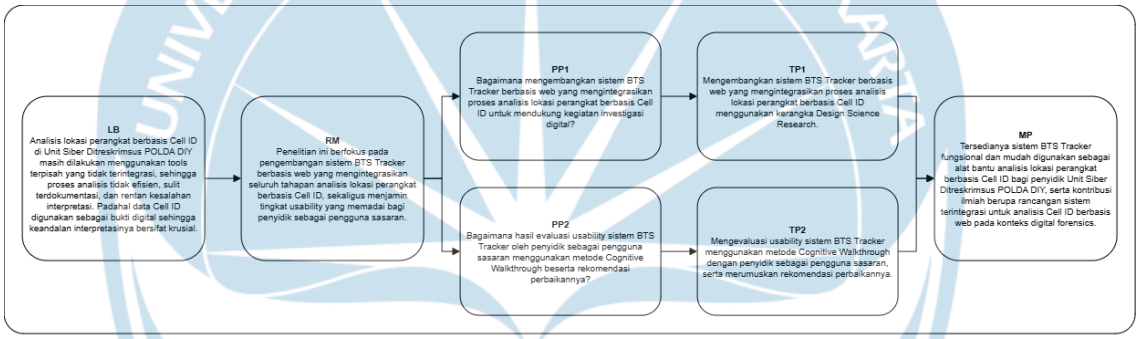
Penelitian ini diharapkan menghasilkan sistem BTS Tracker berbasis web yang fungsional dan mudah digunakan sebagai alat bantu analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID bagi penyidik di Unit Siber Ditreskrimsus POLDA DIY. Hasil evaluasi kesesuaian antarmuka yang diperoleh juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi dalam pengembangan sistem pendukung analisis lokasi perangkat selanjutnya.

Secara ilmiah, kontribusi utama penelitian ini adalah rancangan dan implementasi sistem terintegrasi untuk analisis Cell ID berbasis web pada konteks *digital forensics*, yang menyatukan proses *lookup* Cell ID, visualisasi sektor antena BTS, triangulasi BTS, dan dokumentasi riwayat analisis dalam satu antarmuka terpadu. Rancangan ini menggambarkan pola integrasi tiga tahapan analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID (lookup Cell ID, analisis sektor antena, dan estimasi area berbasis multi-BTS) yang sebelumnya dilaporkan secara terpisah dalam literatur, sehingga hasilnya berpotensi diadaptasi oleh instansi lain dengan konteks operasional serupa, meskipun tingkat penerapannya bergantung pada karakteristik pengguna dan alur kerja masing-masing instansi. Penelitian ini sekaligus menunjukkan bahwa kerangka *Design Science Research* dapat diterapkan secara efektif pada domain forensik digital berbasis Cell ID, dan bahwa metode *Cognitive Walkthrough* dapat digunakan untuk mengevaluasi learnability sistem forensik dengan melibatkan pengguna operasional dari kalangan penegak hukum sebagai evaluator langsung.

1.7. Bagan Keterkaitan

Keterkaitan antara latar belakang, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan luaran penelitian disajikan pada Gambar 1.1. Bagan tersebut menggambarkan alur logis penelitian, di mana fragmentasi *tools* analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID pada kegiatan investigasi digital di Unit Siber Ditreskrimsus POLDA DIY menjadi akar permasalahan yang melatarbelakangi penelitian. Permasalahan ini kemudian diturunkan menjadi dua pertanyaan penelitian yang saling berkaitan, yaitu pertanyaan pertama yang menargetkan penyediaan solusi melalui

pengembangan sistem terintegrasi dan pertanyaan kedua yang menargetkan kesesuaian desain antarmuka solusi tersebut dengan ekspektasi pengguna. Kedua pertanyaan penelitian dijawab melalui dua tujuan penelitian, yaitu pengembangan sistem BTS Tracker berbasis web menggunakan kerangka *Design Science Research* dan evaluasi kesesuaian antarmuka dengan ekspektasi pengguna menggunakan metode *Cognitive Walkthrough*. Luaran penelitian berupa sistem BTS Tracker fungsional dan hasil evaluasi kesesuaian antarmuka dengan ekspektasi pengguna beserta rekomendasi perbaikannya, yang secara langsung memberi manfaat praktis bagi instansi pengguna serta kontribusi ilmiah berupa rancangan dan implementasi sistem terintegrasi untuk analisis Cell ID berbasis web pada konteks *digital forensics*. Gambar bagan keterkaitan disusun menggunakan draw.io dan disajikan sebagai berikut.



Gambar 1.1. Bagan Keterkaitan

Gambar 1.1 Bagan Keterkaitan Penelitian