PENGEMBANGAN DAN EVALUASI SISTEM BTS TRACKER BERBASIS WEB UNTUK MENDUKUNG ANALISIS LOKASI PERANGKAT PADA INVESTIGASI DIGITAL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat

Sarjana Sistem Informasi

Sandi Kurniawan

NPM: 221711738

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

PENGEMBANGAN DAN EVALUASI SISTEM BTS TRACKER BERBASIS WEB UNTUK MENDUKUNG ANALISIS LOKASI PERANGKAT PADA INVESTIGASI DIGITAL

yang disusun oleh

Sandi Kurniawan

221711738

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 25 Juli 2026

			Keterangan
Dosen Pembimbing 1	:	Rangga Perwiratama S.T., M.Kom.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	:	Generosa Lukhayu Pritalia, S.T., M.Eng.	Telah Menyetujui
Tim Penguji			
Penguji 1	:	Rangga Perwiratama S.T., M.Kom.	Telah Menyetujui
Penguji 2	:	Aloysius Bagas Pradipta Irianto, S.Kom., M.Eng., Ph.D.	Telah Menyetujui
Penguji 3	:	Citra Yayu' Palangan, S.T., M.Sc.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 25 Juli 2026

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Prof. Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengembangan dan Evaluasi Sistem BTS Tracker Berbasis Web untuk Mendukung Analisis Lokasi Perangkat pada Investigasi Digital" dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sistem Informasi pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Rangga Perwiratama, S.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

2. Ibu Generosa Lukhayu Pritalia, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan, koreksi, dan saran yang sangat berharga dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.

3. Direktorat Reserse Kriminal Khusus Polda DIY yang telah memberikan izin penelitian serta fasilitas selama kegiatan penelitian berlangsung.

4. Bapak Brigpol Satria Eka Danta, S.Psi., M.H. dan Bapak Brigpol Rezha Ardhy Nugroho, M.H. dari Unit Siber Ditreskrimsus Polda DIY yang telah bersedia meluangkan waktu sebagai narasumber dan evaluator dalam penelitian ini.

5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas ilmu dan bantuan yang diberikan selama masa perkuliahan.

6. Mama dan Papa tercinta atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tidak pernah putus kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

7. Fenia Karenina, seseorang yang teristimewa bagi penulis, yang dengan penuh kesabaran menemani setiap proses, mendengarkan segala keluh kesah, memberikan semangat di saat-saat tersulit, serta menjadi salah satu alasan penulis untuk terus berjuang hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.

8. Sahabat-sahabat penulis, Vern Blythe Osaza, Roberto Akiong, Marcel Gelber, Silver Limus, Jimmy Rayman, dan Aloysius Felix Lie, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang diberikan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan bagi pengembangan sistem pendukung investigasi digital selanjutnya.

Yogyakarta, Juli 2026

Penulis



Sandi Kurniawan

INTISARI

Unit Siber Ditreskrimsus Polda DIY membutuhkan analisis lokasi perangkat berbasis Cell ID dalam kegiatan investigasi digital, namun proses analisis dilakukan menggunakan beberapa alat terpisah sehingga kurang efisien dan bergantung pada pihak lain. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi sistem BTS Tracker berbasis web yang mengintegrasikan proses tersebut ke dalam satu platform. Pengembangan dilakukan menggunakan kerangka Design Science Research enam tahap dengan pendekatan evolutionary prototyping pada dua iterasi, memanfaatkan PHP 8.2 dengan framework Laravel 10, MySQL, Leaflet.js, Chart.js, dan Unwired Labs API. Iterasi pertama menghasilkan fitur inti analisis dan iterasi kedua menambahkan autentikasi, role-based access control, Kelola Pengguna, dan Pengaturan Akun berdasarkan masukan pengguna yang dianalisis dengan teknik evaluative coding. Evaluasi kesesuaian antarmuka dengan ekspektasi mental pengguna (learnability) dilakukan menggunakan metode Cognitive Walkthrough dengan dua evaluator praktisi terhadap delapan skenario tugas dengan total 42 langkah. Hasil evaluasi menunjukkan 83 dari 84 observasi berstatus Berhasil dengan Persentase Langkah Berhasil 98,81% dan satu permasalahan usability tingkat Minor pada aspek visibilitas kontrol. Wawancara post-task menghasilkan 30 kutipan terkode dengan persepsi positif dominan. Berdasarkan hasil tersebut, sistem BTS Tracker dinilai layak diadopsi ditinjau dari kesesuaian antarmuka dengan ekspektasi pengguna bagi pengguna dengan kompetensi domain analisis Cell ID di unit tersebut.

Kata kunci: BTS Tracker; Cell ID; Cognitive Walkthrough; Design Science Research; learnability; usability

ABSTRACT

The Cyber Unit of Ditreskrimsus Polda DIY requires Cell ID based device location analysis in digital investigations, yet the process has been carried out using several separate tools, making it inefficient and dependent on other parties. This research aims to develop and evaluate a web based BTS Tracker system that integrates this process into a single platform. The development followed the six stage Design Science Research framework with evolutionary prototyping across two iterations, using PHP 8.2 with Laravel 10, MySQL, Leaflet.js, Chart.js, and the Unwired Labs API. The first iteration produced the core analysis features, while the second added authentication, role based access control, User Management, and Account Settings based on user feedback analyzed through evaluative coding. The evaluation of interface conformity with users' mental expectations (learnability) used the Cognitive Walkthrough method with two practitioner evaluators on eight task scenarios comprising 42 steps. The results showed 83 of 84 observations were successful, with a step success percentage of 98.81% and one minor usability problem related to control visibility. Post-task interviews produced 30 coded quotations with predominantly positive perceptions. Based on these results, the BTS Tracker system is considered feasible for adoption in terms of interface conformity with user expectations for users with Cell ID analysis domain competence in the unit.

Keywords: BTS Tracker; Cell ID; Cognitive Walkthrough; Design Science Research; learnability; usability

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **Error! Bookmark not defined.**

KATA PENGANTAR 3

INTISARI 5

ABSTRACT 6

DAFTAR ISI 7

DAFTAR GAMBAR 10

DAFTAR TABEL 12

DAFTAR ISTILAH 13

BAB I PENDAHULUAN 17

1.1. Latar Belakang 17

1.2. Rumusan Masalah 21

1.3. Pertanyaan Penelitian 22

1.4. Tujuan Penelitian 22

1.5. Batasan Masalah 22

1.6. Manfaat Penelitian 25

1.7. Bagan Keterkaitan 25

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 27

2.1. Studi Sebelumnya 27

2.2. Dasar Teori 32

2.2.1. Investigasi Digital 32

2.2.2 Jaringan Seluler dan Base Transceiver Station (BTS) 33

2.2.3. Call Detail Record (CDR) 34

2.2.4. Geolokasi dan Triangulasi BTS 36

2.2.5. Design Science Research (DSR) 38

2.2.6. Usability 39

2.2.7. Cognitive Walkthrough (CW) 40

2.2.8. Pendekatan *Prototype* 42

2.2.9. *Evaluative Coding* 43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 44
3.1. Tahapan Penelitian 44
3.2. Metode Penelitian 47
3.2.1 Subjek Penelitian 47
3.2.2 Teknik Pengumpulan Data 50
3.2.3. Teknik Perancangan Sistem 54
3.2.4. Teknik Pengembangan Sistem 55
3.2.5. Instrumen Penelitian 57
3.2.6. Skenario Tugas Evaluasi 61
3.2.7. Pelaksanaan Evaluasi 66
3.2.8. Teknik Analisis Hasil Evaluasi 68
3.3. Alat yang Digunakan 73
PHP dan Laravel 10 73
MySQL 73
Laragon 73
Visual Studio Code 73
Unwired Labs API 74
draw.io 74
QualCoder 74
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 74
4.1. Identifikasi Masalah dan Motivasi 74
4.2. Definisi Tujuan Solusi 75
4.3. Perancangan dan Pengembangan Sistem 77
4.3.1 Prototyping Iterasi 1 78
4.3.1.1 Use Case Diagram Iterasi 1 78
4.3.1.2 Entity Relationship Diagram Iterasi 1 79
4.3.1.3 Flowchart Alur Proses 80
4.3.1.4 Mockup Antarmuka Sistem Iterasi 1 85
4.3.2 Prototyping Iterasi 2 92
4.3.2.1 Use Case Diagram Iterasi 2 94
4.3.2.2 Entity Relationship Diagram Iterasi 2 96
4.3.2.3 Flowchart Alur Proses Iterasi 2 96
4.3.2.4 Mockup Antarmuka Sistem Iterasi 2 101

4.3.2.5 Implementasi Antarmuka Sistem 103
4.4. Demonstrasi 109
4.5. Evaluasi Learnability menggunakan Cognitive Walkthrough 112
4.5.1. Pelaksanaan Sesi Cognitive Walkthrough 113
4.5.2. Kompilasi Hasil Penelusuran 114
4.5.3. Rekapitulasi Hasil Penelusuran 118
4.5.4. Analisis Kualitatif Wawancara *Post-task* 120
4.5.5. Identifikasi dan Pengelompokan Permasalahan 128
4.5.5.1. Catatan Naratif Sesi Cognitive Walkthrough 129
4.5.5.2. Pengelompokan Permasalahan 133
4.5.6. Rekomendasi Perbaikan 134
4.6. Komunikasi 135
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 136
5.1. Kesimpulan 136
5.2. Saran 137
5.3. Keterbatasan Penelitian 138
DAFTAR PUSTAKA 141
LAMPIRAN 144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Keterkaitan Penelitian 26
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian 45
Gambar 3.2 Alur Analisis Lokasi Perangkat Saat Ini (As-Is) 52
Gambar 4.1 Use Case Diagram Iterasi 1 79
Gambar 4.2 Entity Relationship Diagram Iterasi 1 80
Gambar 4.3 Sitemap Iterasi 1 81
Gambar 4.4 Flowchart Alur *Lookup* Cell ID Iterasi 1 82
Gambar 4.5 Flowchart Alur Triangulasi BTS Iterasi 1 83
Gambar 4.6 Flowchart Alur Sector Calculator Iterasi 1 84
Gambar 4.7 Mockup Halaman Cell ID *Lookup* Iterasi 1 86
Gambar 4.8 Mockup Halaman Triangulasi BTS Iterasi 1 87
Gambar 4.9 Mockup Halaman Sector Calculator Iterasi 1 88
Gambar 4.10 Mockup Halaman Token Management Iterasi 1 89
Gambar 4.11 Mockup Halaman History Iterasi 1 90
Gambar 4.12 Mockup Halaman Analytics Iterasi 1 91
Gambar 4.13 Use Case Diagram Iterasi 2 95
Gambar 4.14 Entity Relationship Diagram Iterasi 2 96
Gambar 4.15 Sitemap Iterasi 2 97
Gambar 4.16 Flowchart Login Iterasi 2 98
Gambar 4.17 Flowchart Kelola Pengguna Iterasi 2 99
Gambar 4.18 Flowchart Pengaturan Akun Iterasi 2 100
Gambar 4.19 Mockup Halaman Login 101
Gambar 4.20 Mockup Halaman Kelola Pengguna 102
Gambar 4.21 Mockup Halaman Pengaturan Akun 103
Gambar 4.22 Halaman Cell ID Lookup 104
Gambar 4.23 Halaman Triangulasi BTS 104
Gambar 4.24 Halaman Sector Calculator 105
Gambar 4.25 Halaman Token Management 105
Gambar 4.26 Halaman History 106
Gambar 4.27 Halaman Analytics 106
Gambar 4.28 Implementasi Halaman Login 107

Gambar 4.29 Implementasi Halaman Kelola Pengguna 107
Gambar 4.30 Implementasi Halaman Pengaturan Akun 108
Gambar 4.31 Penyesuaian Navigasi Berdasarkan Peran 109
Gambar 4.32 Alur Analisis Terintegrasi Sistem BTS Tracker (To-Be) 112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Studi Sebelumnya dengan Penelitian yang Diusulkan 30
Tabel 3.1 Profil Evaluator Cognitive Walkthrough..... 49
Tabel 3.2 Format Lembar Evaluasi Cognitive Walkthrough 58
Tabel 3.3 Pedoman Wawancara *Post-task*..... 59
Tabel 3.4 Daftar Skenario Tugas Evaluasi..... 61
Tabel 4.1 Kebutuhan Fungsional Sistem BTS Tracker 76
Tabel 4.2 Daftar Use Case Iterasi 1..... 79
Tabel 4.3 Hasil Pengkodean Evaluative terhadap Masukan Pengguna Iterasi 1 92
Tabel 4.4 Daftar Use Case Iterasi 2..... 95
Tabel 4.5 Hasil Demonstrasi Kebutuhan Fungsional 110
Tabel 4.6 Kompilasi Hasil Penelusuran Cognitive Walkthrough 114
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Penelusuran per Skenario..... 118
Tabel 4.8 Rekapitulasi Kegagalan per Evaluator..... 119
Tabel 4.9 Hasil Pengkodean Wawancara *Post-task* Iterasi 2..... 121
Tabel 4.10 Pengelompokan Permasalahan Usability 133
Tabel 4.11 Rekomendasi Perbaikan 134

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Penjelasan
Antarmuka	Bagian sistem yang dilihat dan dioperasikan pengguna, mencakup tata letak halaman, tombol, kolom isian, dan tampilan hasil.
Application Programming Interface (API)	Antarmuka yang memungkinkan satu sistem meminta data atau layanan dari sistem lain secara otomatis. Sistem BTS Tracker menggunakannya untuk mengambil koordinat BTS dari layanan Unwired Labs.
Base Transceiver Station (BTS)	Perangkat jaringan seluler yang berfungsi sebagai titik penghubung antara perangkat pengguna dengan jaringan inti operator melalui pancaran sinyal radio pada area cakupan tertentu.
Call Detail Record (CDR)	Catatan metadata komunikasi yang dihasilkan secara otomatis oleh sistem operator telekomunikasi pada setiap aktivitas komunikasi perangkat, memuat identitas jaringan BTS yang melayani perangkat tersebut.
Cell Global Identity (CGI)	Pengenal unik suatu sel jaringan seluler yang dibentuk dari kombinasi MCC, MNC, LAC, dan Cell ID.
Cell ID (CID)	Pengenal yang membedakan setiap sel dalam satu area Location Area Code. Satu BTS yang memiliki beberapa sektor antena akan memiliki beberapa Cell ID berbeda, satu untuk masing-masing sektor.
Centroid	Titik pusat dari sekumpulan koordinat. Pada fitur Triangulasi BTS, titik ini dihitung dari posisi beberapa BTS untuk memperkirakan area aktivitas perangkat.
Chain of custody	Prinsip ketertelusuran bukti digital, yaitu keharusan agar setiap tahapan penanganan bukti tercatat sehingga dapat ditelusuri kembali secara berurutan.

Istilah	Penjelasan
Cognitive Walkthrough (CW)	Metode evaluasi yang menelusuri tugas langkah demi langkah untuk menilai apakah tampilan sistem sudah sesuai dengan yang diharapkan pengguna yang baru pertama kali memakainya.
Design Science Research (DSR)	Paradigma penelitian sistem informasi yang berfokus pada perancangan dan evaluasi artefak sebagai solusi atas permasalahan nyata di lingkungan tertentu.
Evaluative Coding	Teknik pengkodean data kualitatif yang mengelompokkan kutipan ke dalam kategori penilaian, digunakan untuk menganalisis masukan pengguna.
Evolutionary Prototyping	Pendekatan pengembangan sistem yang membangun prototipe secara bertahap, di mana prototipe pada setiap iterasi dipertahankan dan disempurnakan menjadi sistem akhir.
Geolokasi berbasis Cell ID	Metode estimasi lokasi perangkat seluler melalui pencocokan parameter Cell ID dengan basis data koordinat BTS, tanpa bergantung pada data GPS perangkat.
Global Positioning System (GPS)	Sistem penentuan posisi berbasis satelit. Data GPS tidak digunakan dalam penelitian ini karena lokasi diperkirakan dari jejak jaringan seluler.
Learnability	Atribut usability yang menggambarkan kemudahan sistem dipelajari oleh pengguna yang baru pertama kali menggunakannya.
Location Area Code (LAC)	Kode yang merepresentasikan area cakupan layanan berupa pengelompokan sejumlah sel dalam wilayah geografis yang sama.
Lookup Cell ID	Proses pencocokan parameter Cell ID dengan basis data BTS untuk memperoleh koordinat geografis menara yang melayani perangkat.

Istilah	Penjelasan
Mobile Country Code (MCC)	Kode tiga digit yang ditetapkan International Telecommunication Union untuk mengidentifikasi negara asal jaringan seluler.
Mobile Network Code (MNC)	Kode dua hingga tiga digit yang mengidentifikasi operator jaringan tertentu di dalam suatu negara.
Mockup	Rancangan antarmuka bertingkat kedetailan tinggi yang telah memuat palet warna, tipografi, ikon, dan konten sebenarnya.
Prototipe	Versi awal sistem yang dibangun untuk mendemonstrasikan fungsi dan memperoleh masukan pengguna sebelum sistem disempurnakan.
Role-Based Access Control (RBAC)	Mekanisme pembatasan hak akses pengguna terhadap fitur dan data sistem berdasarkan peran yang ditetapkan.
Rolling token	Mekanisme pergantian kunci akses layanan eksternal secara berurutan agar sistem tetap dapat digunakan ketika kuota salah satu kunci telah habis.
Sektor antena	Pembagian area cakupan satu BTS ke beberapa arah pancaran. Arah dan lebar setiap pancaran ditentukan parameter arah hadap antena dan lebar pancaran antena.
Skenario tugas	Rangkaian langkah penyelesaian tugas yang disusun peneliti sebagai objek penelusuran pada evaluasi Cognitive Walkthrough.
SWGDE	Scientific Working Group on Digital Evidence, lembaga internasional yang menerbitkan pedoman praktik penanganan dan analisis bukti digital. Pedoman lembaga ini menjadi acuan perancangan fitur Sector Calculator dan History pada sistem.
Tingkat keparahan (severity)	Ukuran seberapa besar dampak suatu permasalahan antarmuka terhadap pengguna, dinyatakan dalam skala 0 sampai 4 menurut Nielsen.

Istilah	Penjelasan
Triangulasi BTS	Teknik estimasi area aktivitas perangkat yang menggabungkan informasi lokasi beberapa BTS. Pada penelitian ini digunakan pendekatan centroid geometris sebagai aproksimasi indikatif.
Unwired Labs API	Layanan eksternal penyedia basis data koordinat BTS yang digunakan sistem untuk mengonversi parameter Cell ID menjadi koordinat geografis.
Usability	Atribut kualitas yang menggambarkan seberapa mudah suatu antarmuka digunakan, mencakup learnability, efficiency, memorability, errors, dan satisfaction.
Wireframe	Rancangan antarmuka yang menggambarkan tata letak dan struktur halaman sebelum tahap implementasi dilakukan.