Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia

e-ISSN: 2684-9151
p-ISSN: 2715-2529

https://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim

Rancang Bangun Sistem Deteksi Manipulasi Citra Digital Berbasis *Error Level Analysis* (ELA) dan Analisis Metadata Exif

Windi Prasetya Wibowo[1], Sigit Sugiyanto[1*], Harjono[1], Ermadi Satria Wijaya[1]

[1] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia
[*] Corresponding author: sigitsugiyanto@ump.ac.id

Sitasi: W. P. Wibowo, S. Sugiyanto, H. Harjono, and E. S. Wijaya, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Manipulasi Citra Digital Berbasis *Error Level Analysis* (ELA) dan Analisis Metadata Exif," *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 8, no. 4, pp. 845–862, 2026.

Diterima : 29-07-2026
Direvisi : 05-08-2026
Disetujui : 08-08-2026
Diterbitkan : 02-09-2026

Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Abstrak. Perkembangan teknologi digital yang pesat menyebabkan aplikasi pengolah gambar semakin mudah diakses, sehingga kasus manipulasi citra digital meningkat dan menimbulkan keraguan terhadap keaslian citra dalam investigasi forensik, kasus kriminal, dan jurnalisme. Citra manip-ulasi sulit dibedakan secara visual, sementara pendekatan analisis yang tersedia masih mengan-dalkan tools terpisah sehingga proses identifikasi kurang praktis. Penelitian ini bertujuan merancang sistem yang mengintegrasikan metode Error Level Analysis (ELA) dan analisis metadata EXIF untuk mendeteksi indikasi manipulasi citra digital secara otomatis. Sistem dikembangkan menggunakan model Waterfall meliputi tahap analysis, design, implementation, testing, dan maintenance. Pengujian dilakukan menggunakan black box testing terhadap sembilan skenario fungsional serta validasi manual terhadap 9 sampel foto dari 3 perangkat berbeda (SONY ILCE-6400, Apple iPhone 14, dan Infinix X6725). Hasil pengujian menunjukkan seluruh skenario fungsional berjalan sesuai spesifikasi dan sistem mampu mendeteksi seluruh sampel manipulasi (9 dari 9) melalui kombinasi visualisasi ELA dan analisis metadata EXIF. Integrasi kedua metode terbukti saling melengkapi sehingga meningkatkan efektivitas verifikasi keaslian citra digital. Sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu indikasi awal ma-nipulasi citra digital, namun tidak dimaksudkan sebagai bukti forensik yang bersifat konklusif.

Kata kunci: analisis metadata Exif; deteksi manipulasi citra; Error Level Analysis; forensik digital; sistem deteksi manipulasi citra digital

Abstract. Rapid advancements in digital technology have made image-processing applications increasingly ac-cessible, leading to a rise in digital image manipulation cases and casting doubt on image authenticity in forensic investigations, criminal cases, and journalism. Manipulated images are difficult to distin-guish visually, while existing analysis approaches rely on disparate tools, making the identification process inefficient. This research aims to design a system that integrates Error Level Analysis (ELA) and EXIF metadata analysis to automatically detect signs of digital image manipulation. The system was developed using the Waterfall model, comprising analysis, design, implementation, testing, and maintenance phases. Testing involved black-box testing across nine functional scenarios and manual validation using nine photo samples from three different devices (SONY ILCE-6400, Apple iPhone 14, and Infinix X6725). Test results indicate that all functional scenarios operated according to specifica-tions and the system successfully detected all manipulated samples (9 out of 9) through the combina-tion of ELA visualization and EXIF metadata analysis. The integration of these two methods proved complementary, thereby enhancing the effectiveness of digital image authenticity verification. While the developed system serves as a tool for the preliminary detection of digital image manipulation, it is not intended to provide conclusive forensic evidence.

Keywords: digital forensics; EXIF metadata; Error Level Analysis; image manipulation detection; image manipulation detection system

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah membuka akses luas terhadap berbagai aplikasi pengolahan gambar, sehingga memudahkan pekerjaan manusia dalam memahami dan menyajikan data dalam bentuk informasi visual[1]. Namun di balik kemudahan tersebut, muncul dampak negatif yang tidak dapat diabaikan, yaitu meningkatnya kasus pemalsuan citra digital melalui teknik editing *image* yang semakin canggih dan mudah dijangkau oleh siapa pun. Keaslian citra digital memiliki peran yang sangat krusial dalam berbagai bidang, mulai dari penyelidikan forensik, investigasi kriminal, sistem surveilans, badan intelijen, pencitraan medis, hingga jurnalisme[2]. Hal ini diperburuk oleh fakta bahwa citra digital merupakan salah satu jenis barang bukti digital (digital evidence) yang paling rentan mengalami perubahan, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan dan kehilangan informasi yang signifikan[3]. Berdasarkan data Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, terdapat sekitar 800.000 situs Web di Indonesia yang terindikasi menyebarkan informasi palsu atau hoaks. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penyebaran informasi digital yang tidak dapat dipastikan keasliannya masih menjadi permasalahan yang serius. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu memverifikasi keaslian citra digital secara cepat dan andal untuk mendukung proses identifikasi manipulasi gambar.

Pemalsuan citra digital menjadi salah satu permasalahan yang semakin meningkat seiring dengan kemudahan teknologi dalam melakukan manipulasi citra. Manipulasi tersebut dapat menghasilkan citra baru yang berbeda dari aslinya sehingga sulit dibedakan apakah masih original atau telah mengalami perubahan[2]. Dampak dari pemalsuan *image* yaitu terciptanya *image* baru yang berbeda dengan aslinya. Hal ini dapat menimbulkan kesalahpahaman karena *image* sulit dibedakan apakah masih original atau sudah dimodifikasi, serta dapat tersebar luas dan cepat sehingga berpotensi menimbulkan kontroversi dan tindak kejahatan. Media sosial tidak hanya berfungsi sebagai sarana interaksi dan penyebaran informasi, tetapi juga kerap disalahgunakan untuk menyebarkan hoaks dan informasi menyesatkan yang dapat menimbulkan keresahan di masyarakat[4]. Forensik citra digital merupakan cabang ilmu yang bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan atau manipulasi pada citra tanpa memerlukan original *copy*. Teknik ini berkembang pesat seiring meningkatnya pemalsuan visual, terutama pada dokumen resmi hasil pemindaian seperti ijazah, sertifikat, dan surat keputusan. Manipulasi yang umum meliputi *copy–move forgery*, *image splicing*, penggantian teks, serta modifikasi nilai angka[5].

Salah satu metode dalam *Image Forensic* adalah dengan menerapkan ELA (*Error Level Analysis*), yang mana dalam metode ini akan mendeteksi area sebagian pada sebuah citra digital dengan tampilan piksel piksel yang berbeda, pergeseran maupun tumpukan piksel akan sangat terlihat pada citra digital yang sudah mengalami proses rekayasa, tumpukan piksel ini menyebabkan citra kehilangan kontras warna asli, hal ini tidak bisa dilihat oleh mata biasa dikarenakan detail yang ditampikan tidak dapat ditangkap oleh mata biasa[6]. Prinsip ELA adalah bahwa citra JPEG asli menunjukkan pola error kompresi yang relatif konsisten, sedangkan citra yang dimanipulasi menunjukkan tingkat error berbeda pada bagian yang disunting[5]. Selain ELA, pendekatan lain yang juga digunakan dalam forensik citra adalah analisis EXIF (*Exchangeable Image File*) adalah informasi yang berisi data seputar informasi pada sebuah citra digital. Metadata EXIF (*Exchangeable Image File*) merupakan sebuah standar ISO (International Organization for Standardization) 12232:2019 yang menjadi standart untuk setiap *file* citra digital yang dibuat oleh perangkat pengambilan subjek citra maupun aplikasi yang digunakan[6]. Analisis metadata Exif dapat membantu mendeteksi ketidaksesuaian atau perubahan pada gambar yang mungkin menunjukkan adanya perubahan[7]. Joint Photographic Experts Tim (JPEG) merupakan format citra lossy yang umum digunakan berbagai aplikasi pengolah citra, dengan tingkat kompresi yang tidak terlalu jauh berbeda antara sebelum dan setelah proses

kompresi[8].

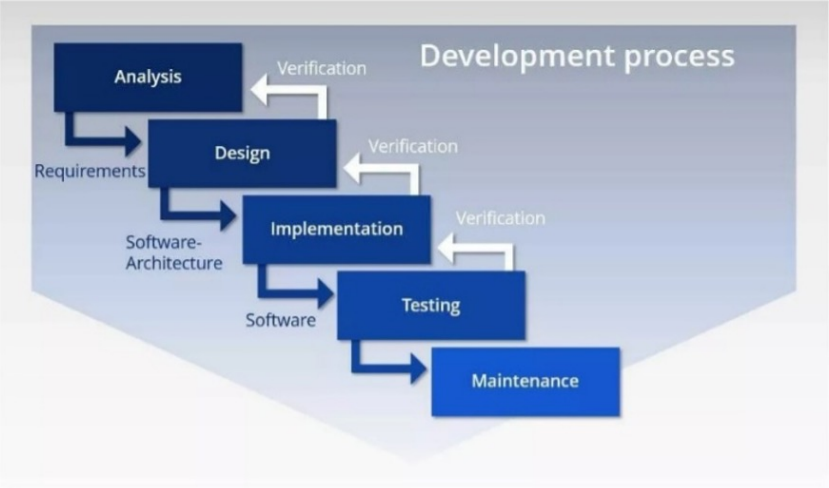
Kejahatan siber merupakan segala bentuk aktivitas kriminal yang memanfaatkan komputer, jaringan komputer, maupun internet untuk melakukan tindakan ilegal, menargetkan korban, serta mengeksploitasi kelemahan pada sistem digital[9]. Salah satu pendekatan yang telah banyak digunakan dalam penelitian forensik citra digital untuk mengatasi kejahatan tersebut adalah kombinasi *Error Level Analysis* (ELA) dan metadata EXIF, di mana ELA berfungsi menampilkan perbedaan karakteristik pada area citra sedangkan metadata EXIF memberikan informasi terkait perangkat, waktu pengambilan, maupun perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan gambar, sehingga kedua metode saling melengkapi dalam mengidentifikasi indikasi manipulasi pada foto[1, 5]. Pendekatan serupa turut diterapkan oleh Sulistyo dkk. yang menerapkan kombinasi tools FotoForensic dan ForensicallyBeta untuk mendeteksi manipulasi foto melalui pemeriksaan metadata dan analisis pikes[10]. Pengembangan metode juga dilakukan dengan mengombinasikan ELA, *Clone Detection*, dan metadata EXIF sehingga proses identifikasi manipulasi menjadi lebih komprehensif[6, 11]. Namun, sebagian besar proses analisis tersebut masih menggunakan tools pihak ketiga yang terpisah untuk masing-masing metode, atau menyajikan hasil ELA dan metadata secara terpisah, sehingga pengguna harus melakukan interpretasi mandiri dan proses identifikasi menjadi kurang praktis, terutama bagi pengguna awam yang tidak memiliki latar belakang forensik digital. Berdasarkan kajian pustaka yang dilakukan, penelitian terdahulu juga lebih banyak memposisikan ELA dan metadata EXIF sebagai dua metode analisis yang berdiri sendiri, baik dijalankan secara manual maupun melalui tools terpisah, sedangkan pengembangan aplikasi yang mengintegrasikan visualisasi ELA, ekstraksi metadata EXIF, dan penyajian kesimpulan analisis secara otomatis dalam satu sistem masih belum banyak dilakukan. Kesenjangan inilah yang membedakan penelitian ini dari penelitian-penelitian sebelumnya, sekaligus menjadi dasar pengembangan sistem yang diusulkan pada penelitian ini.

Selain aspek metode, ketersediaan solusi deteksi pemalsuan gambar dalam bentuk aplikasi menjadi semakin relevan. Perangkat Mobile merupakan media yang paling sering digunakan untuk mengakses dan menyebarkan gambar digital. Dengan adanya aplikasi deteksi pemalsuan gambar, pengguna dapat melakukan verifikasi keaslian citra secara cepat dan praktis tanpa memerlukan perangkat komputasi khusus[12]. Solusi dari permasalahan tersebut adalah mengembangkan aplikasi deteksi manipulasi citra digital yang mengintegrasikan *Error Level Analysis* (ELA) dan analisis metadata EXIF dalam satu sistem. Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem yang mengintegrasikan metode *Error Level Analysis* (ELA) dan analisis metadata EXIF dalam satu aplikasi berbasis Web, guna membantu pengguna mengidentifikasi indikasi manipulasi pada citra digital secara praktis dan otomatis. Aplikasi ini menerima masukan citra digital dari pengguna, kemudian menerapkan ELA untuk menganalisis perbedaan nilai error pada setiap piksel dan memvisualisasikannya dalam bentuk citra ELA output, di mana area yang mengalami perubahan umumnya tampak lebih terang sehingga menjadi indikasi awal adanya manipulasi. Selanjutnya, sistem mengekstraksi metadata EXIF seperti format, ukuran, dimensi, waktu pengambilan dan modifikasi, perangkat, serta perangkat lunak pengeditan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian yang mengindikasikan manipulasi. Berdasarkan kedua hasil analisis tersebut, aplikasi menampilkan visualisasi ELA, informasi metadata, dan kesimpulan analisis sebagai indikator awal keaslian citra digital bagi pengguna.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan menggunakan System (System Developments Life Cycles) atau yang disebut juga dengan SDLC yaitu pendekatan Waterfall, yang meliputi tahap analisis kebutuh-

an, desain sistem, implementasi, pengujian, serta pemeliharaan aplikasi. Metode Waterfall merupakan salah satu pendekatan dalam pengembangan perangkat lunak yang bersifat sistematis dan berurutan. Model ini dikenal pula dengan istilah model tradisional, klasik, sekuensial linier, atau siklus hidup klasik. Setiap tahap dalam metode ini dilaksanakan secara bertahap sesuai urutan yang telah ditentukan, sehingga suatu tahap tidak dapat dimulai sebelum tahap sebelumnya selesai. Dengan demikian, keluaran dari setiap tahap akan menjadi masukan bagi tahap berikutnya[13]. Pemilihan model Waterfall didasarkan pada karakteristik penelitian yang membutuhkan dokumentasi sistematis, alur kerja terstruktur, serta tahapan yang jelas mulai dari identifikasi masalah hingga pengujian hasil implementasi[14]. Gambar 1 menunjukkan tahapan metode Waterfall pada penelitian ini.



Gambar 1. Metode Waterfall

2.1. Analysis

Tahap awal pengembangan dilakukan dengan mendefinisikan kebutuhan sistem secara jelas. Kebutuhan fungsional sistem difokuskan pada kemampuan aplikasi untuk menerima input berupa unggahan citra digital berformat JPEG/JPG, melakukan analisis menggunakan metode *Error Level Analysis* (ELA), menampilkan metadata citra, serta menyajikan hasil deteksi manipulasi dalam bentuk visual, sedangkan kebutuhan non-fungsional sistem meliputi kemudahan penggunaan melalui antarmuka , kecepatan pemrosesan data citra, ketepatan hasil analisis, serta stabilitas sistem dalam mendukung proses deteksi manipulasi citra digital. Penelitian ini mengadopsi metode *Error Level Analysis* (ELA) dan metadata EXIF sebagaimana telah diterapkan pada penelitian Purnama dkk.[1] dan Syafar dkk.[6] yang menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode mampu memberikan indikasi manipulasi citra melalui analisis karakteristik hasil ELA dan informasi metadata. Selain itu, penelitian Bisri dan Marzuki[4] juga menunjukkan bahwa penggabungan ELA, *Clone Detection*, dan metadata EXIF dapat meningkatkan proses identifikasi manipulasi citra.

Secara teknis, ELA bekerja dengan menyimpan ulang citra dalam format JPEG, kemudian membandingkan perbedaan nilai piksel antara citra asli dan hasil kompresi ulang. Area yang pernah mengalami penyuntingan akan menunjukkan tingkat perbedaan yang lebih tinggi dibandingkan area lainnya. Selisih tersebut diperjelas melalui peningkatan brightness dan contrast agar area yang terindikasi manipulasi lebih mudah diamati. Sementara itu, metadata EXIF diekstraksi untuk memperoleh informasi teknis, seperti perangkat, perangkat lunak, waktu pengambilan, dan waktu modifikasi citra. Penelitian ini menggunakan metode ELA dan metadata EXIF sebagai dasar analisis yang diimplementasikan

dalam aplikasi, sebagaimana dijelaskan pada persamaan berikut.

2.2. Design

Tahap desain bertujuan untuk merancang struktur dan alur kerja aplikasi. Pada tahap ini ditentukan alur input dan output sistem, dimulai dari proses unggah foto hingga menampilkan hasil analisis metadata dan ELA.

2.3. Implementation

Tahap implementasi merupakan proses penerapan desain sistem ke dalam bentuk aplikasi yang siap digunakan. Aplikasi deteksi manipulasi citra ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan berbagai *library* pendukung untuk menganalisis citra menggunakan metode ELA dan membaca metadata Exif yang tersimpan dalam *file* gambar.

2.4. Testing

Setelah sistem berhasil dibangun, dilakukan tahap pengujian menggunakan metode Black box testing untuk memvalidasi bahwa seluruh fungsi dan fitur sistem telah berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna tanpa adanya kesalahan logika pada antarmuka.

2.5. Maintenance

Tahap pemeliharaan merupakan proses perbaikan dan penyempurnaan sistem setelah implementasi dan pengujian dilakukan, mencakup perbaikan bug yang ditemukan selama penggunaan, peningkatan kinerja sistem, penambahan fitur sesuai kebutuhan pengguna, serta penyesuaian terhadap perkembangan teknologi seperti pembaruan *library* yang digunakan dalam proses analisis citra dan metadata.

3. Hasil

Penelitian ini menghasilkan aplikasi deteksi manipulasi citra digital yang mengintegrasikan metode *Error Level Analysis* (ELA) dan Metadata EXIF. Sistem dikembangkan menggunakan kerangka kerja Software Development Life Cycle (SDLC) dengan pendekatan model Waterfall. Proses pengembangan dilakukan secara bertahap melalui lima tahapan, yaitu analysis, design, implementation, testing, dan maintenance.

3.1. Analysis

Tahapan analisis merupakan tahapan awal dalam pengembangan aplikasi deteksi manipulasi foto berbasis *Error Level Analysis* (ELA) dan metadata EXIF menggunakan model Waterfall. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengguna membutuhkan aplikasi yang mampu menerima input *file* foto, melakukan analisis ELA, serta mengekstraksi dan menampilkan informasi metadata EXIF, sehingga sistem dapat memberikan indikasi awal manipulasi berdasarkan hasil visualisasi ELA serta perubahan atau ketidaksesuaian atribut metadata. Secara fungsional, sistem dirancang untuk melakukan unggah foto, analisis ELA, ekstraksi metadata seperti tanggal pembuatan, perangkat, dan perangkat lunak pengolah foto, kemudian menampilkan hasilnya berupa visualisasi ELA, informasi metadata, dan kesimpulan analisis sebagai dua indikator yang saling melengkapi dalam mendeteksi keaslian foto, sedangkan dari sisi nonfungsional sistem diharapkan mampu memproses foto dengan cepat serta memiliki antarmuka yang sederhana, responsif, dan mudah dipahami.

Selain identifikasi kebutuhan sistem, pada tahap analisis juga dilakukan studi literatur mengenai konsep *Error Level Analysis* dan metadata citra digital sebagai metode deteksi keaslian citra. Berdasarkan kajian literatur, ELA bekerja dengan menganalisis perbedaan tingkat kompresi pada setiap piksel citra JPEG, di mana area yang telah disunting umumnya menunjukkan tingkat error yang berbeda dari area sekitarnya. Sementara itu, metadata khususnya EXIF menyimpan informasi

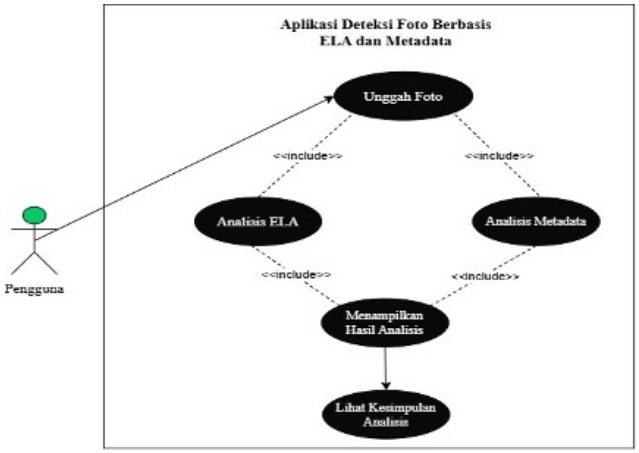
seperti waktu pengambilan foto, tipe perangkat, parameter teknis kamera, serta perangkat lunak yang digunakan, di mana perubahan atau ketidaksesuaian pada atribut tersebut dapat menjadi indikasi penyuntingan. Selain itu, pada tahap ini juga dianalisis data uji berupa tiga foto asli yang diambil menggunakan kamera SONY ILCE-6400, Apple iPhone 14, dan Infinix X6725. Pemilihan ketiga perangkat ini didasarkan pada perbedaan kelas kamera untuk mewakili variasi kondisi pengambilan gambar di dunia nyata, yaitu SONY ILCE-6400 sebagai kamera mirrorless profesional dengan kompresi minim, Apple iPhone 14 sebagai smartphone flagship dengan pemrosesan gambar kompleks, dan Infinix X6725 sebagai smartphone kelas menengah dengan karakteristik sensor berbeda. Perbedaan ini digunakan untuk menguji konsistensi kinerja sistem deteksi terhadap berbagai jenis kamera. Ketiga foto asli tersebut kemudian dimanipulasi menggunakan Adobe Photoshop dan Picsart melalui teknik object removal dan penambahan objek, sehingga diperoleh pasangan.

3.2. Design

Tahap desain memberi proses pengembangan aplikasi memastikan semua masalah perencanaan terselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Diawali dengan pembuatan use case diagram yang bertujuan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan system pada aplikasi deteksi citra digital berbasis *Error Level Analysis* (ELA) dan metadata EXIF. Berdasarkan system ini terdapat satu aktor yaitu pengguna yang berinteraksi langsung dengan aplikasi. Proses system dimulai pengguna mengunggah foto yang akan dianalisis. Selanjutnya, system secara otomatis melakukan analisis menggunakan metode *Error Level Analysis* (ELA) serta mengekstraksi informasi metadata EXIF yang terdapat pada foto. Setelah proses analisis selesai, sistem menampilkan hasil ELA, metadata EXIF, dan kesimpulan analisis untuk membantu pengguna mengidentifikasi indikasi manipulasi citra.

3.2.1. Use Case Diagram

Use Case Diagram yang telah dirancang dapat di sajikan pada Gambar 2.



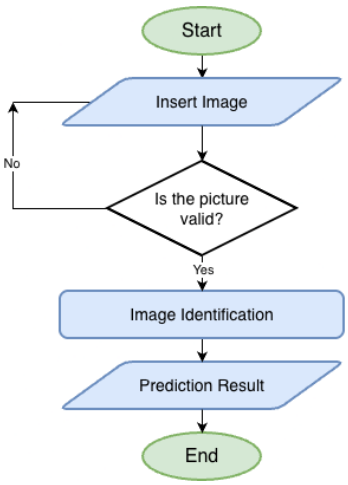
Gambar 2. Use Case Diagram ELA dan Metadata Exif

Gambar 2 menunjukan use case diagram yang bertujuan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem yang akan dibangun[15]. Berdasarkan sistem ini terdapat satu aktor yaitu pengguna yang berinteraksi langsung dengan aplikasi. Proses dimulai ketika pengguna mengunggah foto yang akan dianalisis. Selanjutnya, sistem secara otomatis melakukan analisis menggunakan metode *Error Level Analysis* (ELA) serta mengekstraksi informasi metadata EXIF yang terdapat pada foto. Setelah seluruh proses analisis selesai, sistem menampilkan hasil analisis ELA, informasi metadata EXIF, dan kesimpulan analisis sebagai informasi awal untuk membantu pengguna mengidentifikasi adanya

indikasi manipulasi pada citra digital.

3.2.2. Flowchart

Flowchart yang telah dirancang di tampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

Gambar 3 merupakan bagan alir (*Flowchart*) merupakan teknik analitis berbentuk visual yang digunakan untuk menjelaskan berbagai aspek dari sistem informasi secara jelas, ringkas, dan logis [13]. *Flowchart* pada Gambar tersebut menggambarkan alur proses identifikasi manipulasi citra digital yang dimulai dari proses Start. Selanjutnya, pengguna mengunggah citra melalui proses *Insert Image*. Sistem kemudian memvalidasi *file* gambar yang diunggah sesuai format dan ketentuan yang ditetapkan Apabila citra tidak valid, pengguna akan diarahkan kembali ke proses *Insert Image* untuk mengunggah gambar yang benar. Sebaliknya, jika citra valid, sistem melanjutkan proses *Image Identification* menggunakan metode yang diterapkan. Setelah proses identifikasi selesai, sistem menampilkan Prediction Result yang berisi hasil analisis terhadap citra yang diunggah. Seluruh proses kemudian diakhiri pada tahap End. Rancangan alur ini menunjukkan proses identifikasi citra secara sistematis dan efisien.

3.2.3. Wireframe

Wireframe yang telah dirancang di tampilkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Wireframe Halaman Aplikasi

Gambar 4 Desain antarmuka (*Wireframe*) dibuat untuk sebuah kerangka untuk menata suatu item di halaman Website atau aplikasi[16]. Rancangan *Wireframe* ini menunjukkan susunan elemen-elemen yang terdapat pada halaman aplikasi, meliputi bagian navigasi di bagian atas, area informasi pengenalan aplikasi beserta gambar ilustrasi, bagian penjelasan metode *Error Level Analysis* (ELA) yang dilengkapi dengan gambar pendukung, alur analisis yang menampilkan langkah-langkah proses deteksi, serta fitur-fitur utama yang tersedia pada aplikasi. Selain itu, terdapat pula area analisis gambar yang memuat formulir unggah foto beserta tombol aksi, serta bagian hasil analisis gambar yang menampilkan progress bar, gambar asli, gambar hasil ELA, dan ringkasan informasi metadata yang terdeteksi. Pada bagian akhir halaman hasil analisis, terdapat pula kesimpulan analisis yang merangkum temuan deteksi secara keseluruhan, sehingga pengguna dapat dengan mudah memahami apakah gambar yang diunggah terindikasi mengalami manipulasi atau tidak. Dengan adanya *Wireframe* ini, proses pengembangan aplikasi dapat dilakukan secara terstruktur dan terarah.

3.2.4. Pseudocode Proses ELA dan Ekstraksi Metadata EXIF

Berdasarkan hasil perancangan pada tahap desain, berikut disajikan pseudocode yang menggambarkan alur logika proses *Error Level Analysis* (ELA) yang diterapkan pada sistem.

```
ALGORITMA: Proses Error Level Analysis (ELA)
INPUT: citra_asli, jpeg_quality (default 90), scale (default 20)
OUTPUT: citra_ela, mean_error, max_error

MULAI
1. BACA citra_asli dari berkas masukan
2. UBAH citra_asli ke mode RGB
3. SIMPAN citra_asli sebagai JPEG dengan kualitas = jpeg_quality
                                   -> HASIL: citra_kompresi_ulang
4. HITUNG selisih = |citra_asli - citra_kompresi_ulang| untuk setiap piksel
pada kanal RGB
5. KONVERSI selisih ke citra grayscale
6. HITUNG mean_error = rata-rata nilai piksel pada citra selisih
7. HITUNG max_error = nilai piksel tertinggi pada citra selisih
8. PERKUAT visual selisih:
                          citra_ela = TERAPKAN autocontrast(selisih)
                          citra_ela = TERAPKAN brightnes citra_ela, scale)
                          citra_ela = TERAPKAN contrast(citra_ela, 2.0)
9. KEMBALIKAN citra_ela, mean_error, max_error
SELESAI
```

Selanjutnya, berikut disajikan pseudocode yang menggambarkan alur logika proses ekstraksi metadata EXIF pada sistem.

```
ALGORITMA: Ekstraksi Metadata EXIF
INPUT: citra_asli
OUTPUT: metadata (Make, Model, Software, DateTime, DateTimeOriginal, dll.)

MULAI
1. BACA berkas citra_asli
2. AMBIL informasi dasar: nama_file, ukuran_file, format, lebar, tinggi
3. BACA data EXIF dari citra_asli
4. JIKA data EXIF tidak ditemukan MAKA
     metadata['EXIF'] = 'Tidak ada metadata EXIF'
     KEMBALIKAN metadata
5. UNTUK setiap field DALAM [Make, Model, Software, DateTime,
     ExposureTime, FNumber, ISOSpeedRatings, FocalLength, LensModel]:
          JIKA field ditemukan pada EXIF MAKA
               simpan nilai field ke metadata
6. AMBIL DateTimeOriginal menggunakan pembaca EXIF kedua (piexif)
7. JIKA DateTimeOriginal ditemukan MAKA
     simpan ke metadata['DateTimeOriginal']
8. KEMBALIKAN metadata

SELESAI
```

Kedua pseudocode di atas menunjukkan bahwa proses ELA dan ekstraksi metadata EXIF berjalan secara independen terhadap citra masukan yang sama.

3.3. Implementation

Tahap implementasi merupakan proses penerapan rancangan sistem yang telah dibuat pada tahap desain ke dalam bentuk aplikasi. Aplikasi deteksi citra digital berbasis *Error Level Analysis* (ELA) dan metadata EXIF dikembangkan

menggunakan Python dengan memanfaatkan *library Pillow* untuk pemrosesan citra, piexif untuk ekstraksi metadata, serta Flask sebagai kerangka kerja aplikasi. Pada tahap ini, sistem dibangun agar mampu menerima input berupa *file* foto dari pengguna, kemudian memproses foto tersebut melalui dua mekanisme analisis secara bersamaan. Pertama, sistem menerapkan metode ELA dengan cara mengompresi ulang citra menggunakan kualitas kompresi JPEG sebesar 75%, kemudian menghitung selisih nilai piksel antara citra asli dan citra hasil kompresi ulang tersebut, lalu memperkuat perbedaan tersebut dengan faktor pengali agar area yang mengalami manipulasi tampak lebih kontras pada ELA Output area dengan nilai selisih tinggi mengindikasikan adanya ketidakkonsistenan artefak kompresi yang berpotensi merupakan hasil pengeditan. Kedua, sistem mengekstraksi informasi metadata EXIF yang tersimpan pada *file* foto, meliputi informasi perangkat pengambil foto, perangkat lunak yang digunakan , serta perbandingan antara *Date Time Original* dan *Modify Date* untuk mengidentifikasi apakah terdapat perbedaan waktu yang mengindikasikan adanya proses pengeditan setelah foto diambil. Hasil dari kedua analisis tersebut kemudian ditampilkan secara terpadu pada halaman hasil berupa visualisasi ELA Output, informasi metadata, dan kesimpulan analisis, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi awal mengenai indikasi manipulasi pada citra digital secara praktis dalam satu sistem tanpa memerlukan tools pihak ketiga.

3.3.1. Tampilan Unggah Foto

Tampilan unggah Foto yang telah dirancang di tampilkan pada Gambar 5.

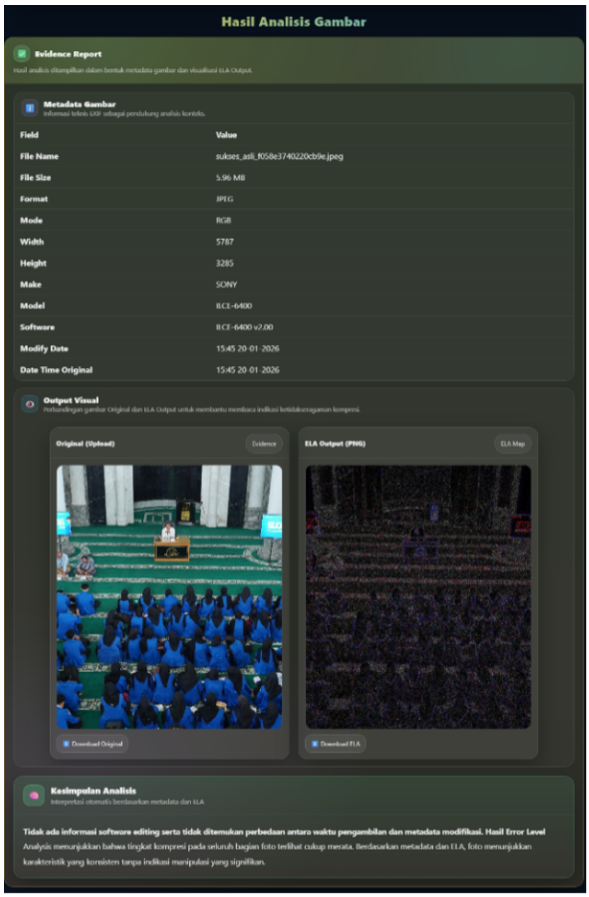
Gambar 5. Tampilan Unggah Foto

Gambar 5 menunjukan unggah foto merupakan halaman utama yang berfungsi sebagai media bagi pengguna untuk memasukkan *file* foto ke dalam sistem. Setelah pengguna memilih dan mengunggah foto, sistem akan memproses *file* tersebut dengan melakukan analisis menggunakan metode *Error Level Analysis* (ELA) serta membaca informasi metadata EXIF yang tersedia. Selanjutnya, hasil analisis ditampilkan dalam bentuk visualisasi ELA, informasi metadata, dan kesimpulan analisis sebagai informasi awal mengenai indikasi manipulasi pada citra digital.

Pada tahap implementasi, aplikasi diuji menggunakan beberapa foto dengan kondisi berbeda, yaitu foto asli dan foto yang telah disunting menggunakan perangkat lunak pengolah citra, untuk menunjukkan kemampuan sistem dalam menampilkan metadata EXIF, visualisasi ELA, dan kesimpulan analisis pada setiap foto yang diuji.

3.3.2. Kamera SONY ILCE-6400

Foto Asli Foto asli hasil pengambilan kamera SONY ILCE-6400 ditampilkan Gambar 6.



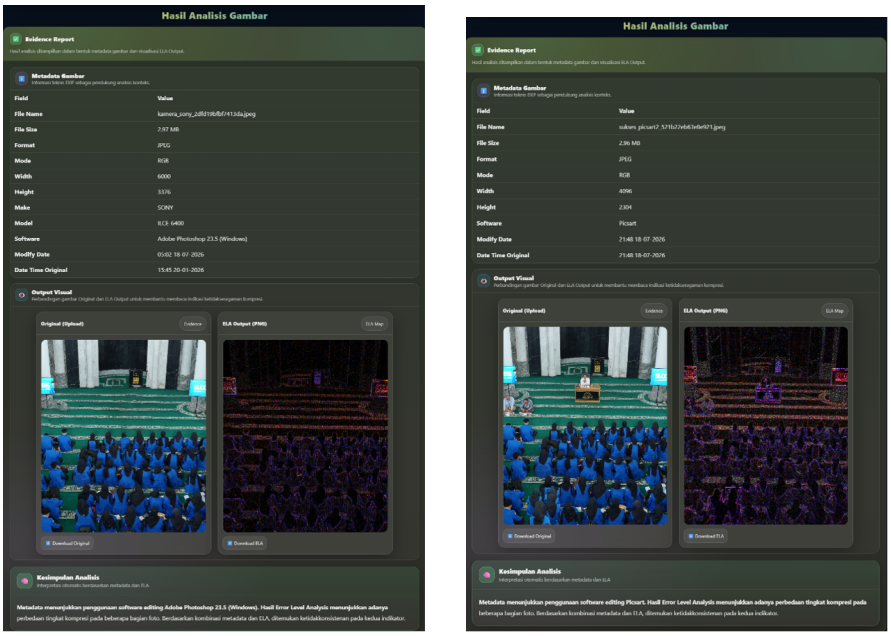
Gambar 6. Hasil Analisis Metadata Foto dari Kamera SONY ILCE-6400

Gambar 6 merupakan foto yang diambil langsung menggunakan perangkat kamera tanpa melalui proses pengeditan. Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 15,34 MB dan resolusi 6000 × 3376 piksel. Metadata menunjukkan bahwa foto diambil menggunakan kamera SONY ILCE-6400, dengan *Date Time Original* dan *Modify Date* yang memiliki nilai sama, yaitu 15:45 20-01-2026, sehingga mengindikasikan bahwa *file* tidak mengalami perubahan. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan karakteristik kompresi yang relatif merata tanpa adanya perbedaan intensitas yang mencolok. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat

disimpulkan bahwa foto masih dalam kondisi asli dan tidak menunjukkan indikasi manipulasi atau proses pengeditan yang signifikan.

Foto Edit Menggunakan Adobe Photoshop dan Picsart

Foto hasil editing kamera SONY ILCE-6400 menggunakan Picsart dan Adobe ditampilkan Gambar 7 (a) dan Gambar 7 (b).



(a) (b)

Gambar 7. Hasil Analisis Metadata Foto dari Kamera SONY ILCE-6400 yang Diedit Menggunakan (a) Adobe Photoshop dan (b) Picsart

Gambar 7 (a) merupakan foto yang telah mengalami proses object removal menggunakan Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*). Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 2,97 MB dan resolusi 6000 × 3376 piksel. Metadata juga menunjukkan penggunaan Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*), dengan *Modify Date* yang berbeda dari *Date Time Original*, sehingga mengindikasikan adanya perubahan pada *file*. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada beberapa bagian gambar yang telah diedit. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi menggunakan Adobe Photoshop.

Gambar 7 (b) merupakan foto yang telah mengalami manipulasi dengan penambahan objek menggunakan aplikasi Picsart. Berdasarkan hasil metadata dan Error Level Analysis (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 2,36 MB dan resolusi 4096 × 2304 piksel. Metadata juga menunjukkan penggunaan Picsart, dengan *Date Time Original* dan *Modify Date* yang memiliki nilai sama, yaitu 21:48 18-07-2026. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada area objek yang ditambahkan, sehingga mengindikasikan adanya perubahan pada citra akibat proses penambahan objek. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi berupa penambahan objek menggunakan Picsart.

3.3.3. Apple iPhone 14 (IOS)

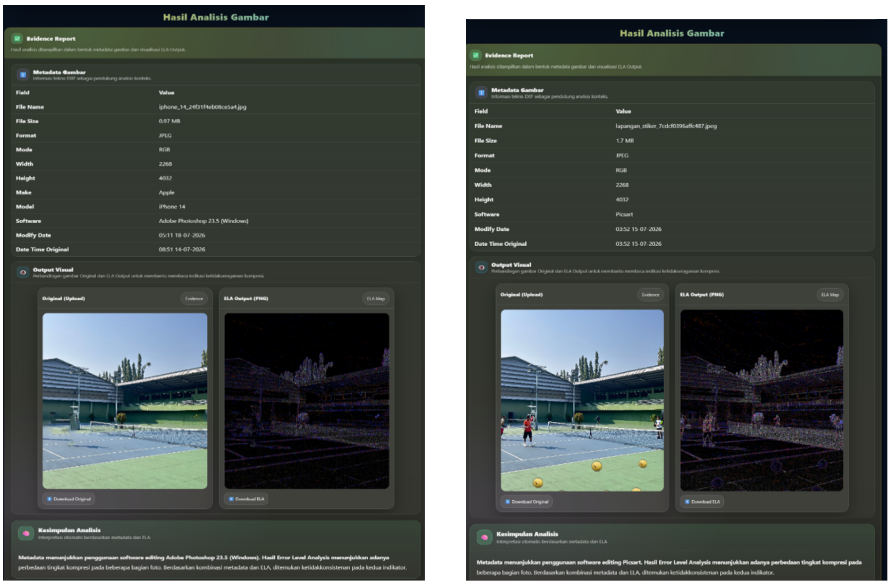
Foto asli hasil pengambilan IOS Apple iPhone 14 ditampilkan Gambar 8.

Gambar 8. Hasil Analisis Metadata dan ELA Foto dari Perangkat Apple iPhone 14

Gambar 8 merupakan foto yang diambil langsung menggunakan perangkat IOS tanpa melalui proses pengeditan. Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 1,6 MB dan resolusi 2268 × 4032 piksel. Metadata menunjukkan bahwa foto diambil menggunakan Apple iPhone 14, dengan *Date Time Original* dan *Modify Date* yang memiliki nilai sama, yaitu 08:51 14-07-2026, sehingga mengindikasikan bahwa *file* tidak mengalami perubahan. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan karakteristik kompresi yang relatif merata tanpa adanya perbedaan intensitas yang mencolok. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto masih dalam kondisi asli dan tidak menunjukkan indikasi manipulasi atau proses pengeditan yang signifikan.

Foto hasil editing kamera Apple iPhone 14 menggunakan Picsart dan Adobe ditampilkan Gambar 9 (a) dan Gambar 9 (b)

Gambar 9 (a) merupakan foto yang telah mengalami proses object removal menggunakan Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*). Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 0,87 MB dan resolusi 2268 × 4032 piksel. Metadata menunjukkan bahwa foto diambil menggunakan Apple iPhone 14 dan telah diproses menggunakan Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*). Selain itu, *Modify Date* berbeda dengan *Date Time Original*, sehingga mengindikasikan adanya perubahan pada *file*. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada beberapa bagian gambar yang telah diedit. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi



(a) (b)

Gambar 9. Hasil Analisis Metadata dan ELA Foto dari Perangkat Apple iPhone 14 yang Diedit Menggunakan (a) Adobe Photoshop dan (b) Picsart

menggunakan Adobe Photoshop.

Gambar 9 (b) merupakan foto yang telah mengalami manipulasi dengan penambahan objek menggunakan aplikasi Picsart. Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 1,7 MB dan resolusi 2268 × 4032 piksel. Metadata juga menunjukkan penggunaan Picsart, dengan *Date Time Original* dan *Modify Date* yang memiliki nilai sama, yaitu 03:25 15-07-2026. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada area objek yang ditambahkan. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi berupa penambahan objek menggunakan Picsart.

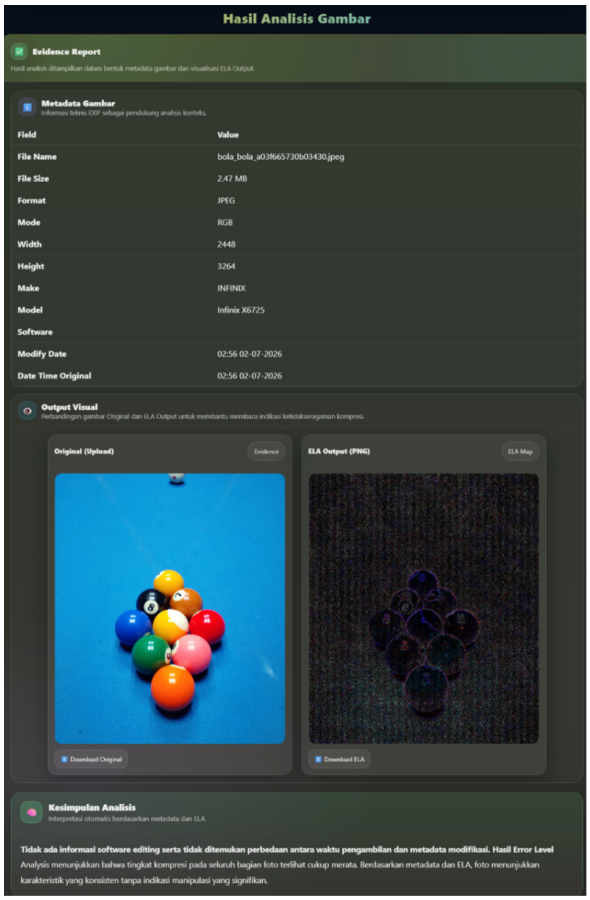
3.3.4. Android Infinix X6725

Foto Asli Foto asli hasil pengambilan Android Infinix X6725 ditampilkan Gambar 10

Gambar 10 merupakan foto yang diambil langsung menggunakan perangkat Android tanpa melalui proses pengeditan. Berdasarkan hasil metadata dan ELA yang di tampilkan oleh aplikasi, diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 2,47 MB dan resolusi 2448 × 3264 piksel. Metadata juga menunjukkan Make INFINIX, Model Infinix X6725, serta *Date Time Original* dan *Modify Date* yang sama, yaitu 02:56 02-07-2026, sehingga mengindikasikan bahwa *file* belum mengalami perubahan. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan karakteristik kompresi yang relatif merata tanpa adanya perbedaan intensitas yang mencolok. Berdasarkan metadata dan hasil analisis ELA, foto dapat disimpulkan masih dalam kondisi asli dan tidak menunjukkan indikasi manipulasi.

Foto Edit Adobe Photoshop dan Picsart Foto hasil editing Android Infinix X6725 menggunakan Picsart dan Adobe ditampilkan Gambar 11 (a) dan Gambar 11 (b)

Gambar 11 (a) merupakan foto yang telah mengalami proses object removal menggunakan Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*). Berdasarkan hasil metadata dan *Error Level Analysis* (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 0,9 MB dan resolusi 2448 × 3264 piksel. Metadata menunjukkan bahwa foto diambil menggunakan INFINIX X6725 dan telah diedit menggunakan



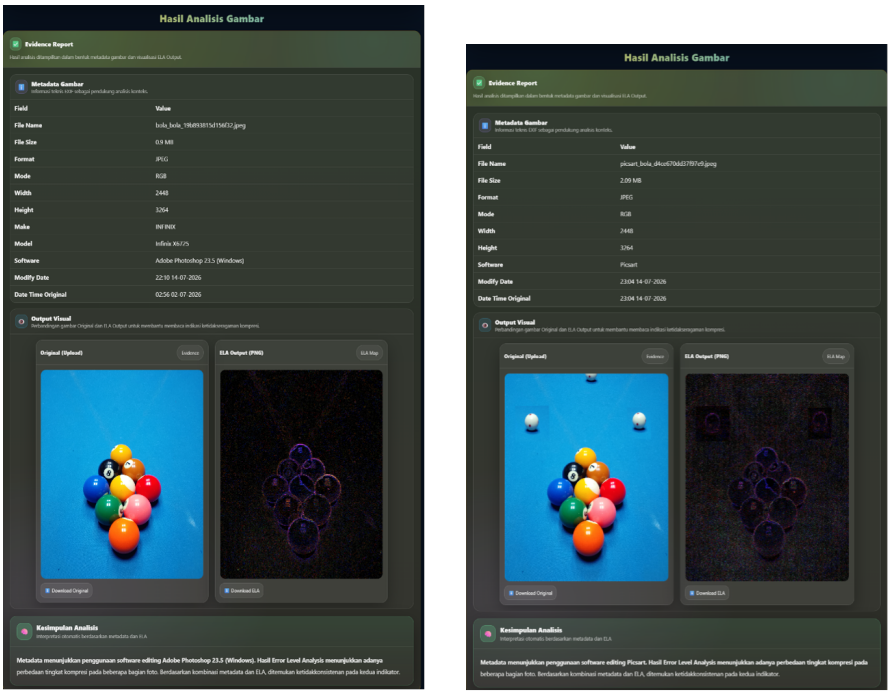
Gambar 10. Hasil Analisis Metadatadan ELA Foto dari Perangkat Infinix X6725

Adobe Photoshop 23.5 (*Windows*). Selain itu, *Date Time Original* berbeda dengan *Modify Date*, yang mengindikasikan adanya perubahan pada *file*. Hasil ELA menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristiik pada area tempat objek dihapus. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi berupa object removal.

Gambar 11 (a) merupakan foto yang telah mengalami manipulasi menggunakan aplikasi Picsart. Berdasarkan hasil metadata dan Error Level Analysis (ELA), diketahui bahwa foto memiliki format JPEG dengan ukuran 2,09 MB dan resolusi 2448 × 3264 piksel. Metadata juga menunjukkan penggunaan perangkat lunak Picsart, dengan *Date Time Original* dan *Modify Date* yang memiliki nilai sama, yaitu 23:04 14-07-2026. Hasil *Error Level Analysis* (ELA) menunjukkan adanya ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada area objek bola yang ditambahkan. Berdasarkan hasil metadata dan ELA, dapat disimpulkan bahwa foto telah mengalami manipulasi berupa penambahan objek menggunakan Picsart.

3.4. Testing

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan aplikasi yang telah dikembangkan dapat berjalan dengan baik sesuai fungsi yang telah dirancang, baik dari sisi fungsional maupun performa sistem dalam melakukan analisis citra. Pengujian fungsional menggunakan metode black box testing, yaitu metode pengujian yang berfokus pada fungsi sistem tanpa melihat struktur kode program yang digunakan. Selain itu, dilakukan juga pengujian performa untuk mengetahui lama waktu pemrosesan (processing time) sistem dalam menganalisis citra, serta batas kemampuan sistem dalam menangani ukuran atau jenis citra tertentu hingga sistem tidak mampu memproses citra tersebut. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel di bawah inii.



(a) (b)

Gambar 11. Hasil Analisis Metadata dan ELA Foto dari Perangkat Infinix X6725 yang Diedit Menggunakan (a) Adobe Photoshop dan (b) Picsart

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 9 sampel foto yang terdiri dari 3 foto asli dan 6 foto manipulasi dari 3 perangkat berbeda, sistem berhasil mengidentifikasi 3 dari 3 foto asli sebagai tidak terindikasi manipulasi dan 6 dari 6 foto manipulasi sebagai terindikasi manipulasi, sehingga diperoleh tingkat akurasi keseluruhan sistem sebesar $9/9 \times 100\% = 100\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik pada seluruh sampel yang diujikan, meskipun perlu divalidasi lebih lanjut menggunakan dataset yang lebih besar dan beragam untuk memastikan keandalan sistem secara umum

3.5. Maintenance

Tahap pemeliharaan dilaksanakan setelah aplikasi diuji dan diterapkan, mencakup perbaikan terhadap kesalahan yang ditemukan selama penggunaan, peningkatan kinerja sistem, serta penambahan fitur untuk mendukung kebutuhan pengguna. Selain itu, pemeliharaan juga meliputi penyesuaian sistem terhadap perkembangan teknologi, seperti pembaruan *library* yang digunakan dalam proses ekstraksi metadata EXIF, guna memastikan aplikasi tetap kompatibel dengan format *file* dan perangkat kamera terbaru. Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi berhasil mendeteksi adanya indikasi manipulasi pada citra digital melalui kombinasi analisis ELA dan metadata EXIF. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, aplikasi dapat ditingkatkan dengan menambahkan metode analisis lain seperti *Clone Detection* untuk mendeteksi manipulasi tipe *copy-move*, serta memperluas dukungan terhadap berbagai format *file* gambar dan jenis metadata yang lebih kompleks.

4. Pembahasan

Pengembangan sistem deteksi manipulasi citra digital pada penelitian ini dilaksanakan berdasarkan model pengembangan Waterfall yang mencakup tahap analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Pada tahap implementasi, sistem diuji menggunakan tiga sampel foto asli yang diambil dari perangkat berbeda, yaitu kamera SONY ILCE-6400, Apple iPhone 14, dan Infinix

X6725. Hasil analisis metadata EXIF pada ketiga foto asli tersebut menunjukkan konsistensi nilai *Date Time Original* dan *Modify Date* tanpa jejak nama perangkat lunak pengeditan, sedangkan hasil visualisasi ELA menampilkan karakteristik kompresi yang relatif merata di seluruh bagian citra, sehingga mengindikasikan bahwa ketiga foto tersebut masih dalam kondisi asli.

Pada tahap pengujian, validasi manual terhadap foto yang telah dimanipulasi menggunakan Adobe Photoshop dan Picsart berhasil membuktikan bahwa sistem secara konsisten mendeteksi dua jenis manipulasi, yaitu object removal pada ketiga perangkat dan penambahan objek menggunakan Picsart. Pada setiap kasus tersebut, hasil ELA menampilkan ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada area yang dimanipulasi, sekaligus divalidasi silang oleh metadata EXIF yang menunjukkan perbedaan antara *Date Time Original* dan *Modify Date* serta mencatat jejak nama perangkat lunak editing yang digunakan. Pengukuran akurasi terhadap sembilan sampel yang diujikan menunjukkan bahwa sistem berhasil mengidentifikasi seluruh sampel dengan benar, sehingga diperoleh tingkat akurasi sebesar $9/9 \times 100\% = 100\%$. Selain itu, pengujian black box terhadap sepuluh skenario fungsional turut membuktikan bahwa seluruh proses, mulai dari unggah foto, analisis ELA, ekstraksi metadata, hingga penyajian kesimpulan analisis, berjalan sesuai spesifikasi yang telah dirancang.

Hasil penelitian ini menunjukkan posisi yang berbeda dibandingkan penelitian terdahulu. Penelitian Purnama dkk.[1] menggunakan pendekatan NIST dan masih mengandalkan tools ForensicallyBeta dan ImageForensic.org sebagai media analisis terpisah tanpa integrasi kesimpulan otomatis, sedangkan penelitian Syafar dkk.[6] menerapkan kombinasi metadata EXIF dan ELA namun penyajian hasilnya masih bersifat terpisah dan belum dilengkapi dengan kesimpulan analisis secara otomatis. Penelitian Taqwanur dkk.[4] telah mengombinasikan ELA dengan *Clone Detection* namun belum mengintegrasikan keluaran kedua metode tersebut ke dalam satu antarmuka sistem yang dapat digunakan secara langsung. Berbeda dari ketiga penelitian tersebut, penelitian ini mengintegrasikan visualisasi ELA, ekstraksi metadata EXIF, dan penyajian kesimpulan analisis secara otomatis dalam satu sistem, sehingga pengguna tidak perlu melakukan interpretasi secara mandiri maupun bergantung pada tools pihak ketiga yang terpisah.

Pada tahap analisis lanjutan, kombinasi hasil ELA dan metadata EXIF terbukti saling memperkuat validitas deteksi, di mana satu indikator dapat mengonfirmasi temuan indikator lainnya, sehingga hasil analisis yang dihasilkan lebih andal dan mengurangi kemungkinan kesalahan interpretasi dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah sampel yang terbatas dan cakupan pengujian yang baru mencakup dua jenis manipulasi, sehingga sistem yang dihasilkan lebih tepat diposisikan sebagai alat bantu indikasi awal, bukan sebagai bukti forensik yang bersifat konklusif. Sebagai langkah pengembangan selanjutnya, perlu ditambahkan metode *Clone Detection* guna memperkuat deteksi manipulasi tipe *copy-move*, dilakukan pengujian pada dataset yang lebih besar dan beragam, serta diuji ketahanan sistem terhadap citra yang telah kehilangan sebagian metadata akibat kompresi ulang oleh platform media sosial, guna memastikan sistem dapat diandalkan secara lebih menyeluruh sebagai indikator keaslian citra digital.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem deteksi manipulasi citra digital yang mengintegrasikan metode Error Level Analysis (ELA) dan analisis metadata EXIF menggunakan model pengembangan Waterfall melalui lima tahapan, yaitu analysis, design, implementation, testing, dan maintenance. Pengujian black box terhadap sembilan skenario fungsional membuktikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi yang dirancang, mulai dari unggah foto, analisis ELA, ekstraksi metadata EXIF, hingga penyajian kesimpulan analisis. Pengukuran akurasi terhadap 9 sampel foto dari tiga perangkat

berbeda (SONY ILCE-6400, Apple iPhone 14, dan Infinix X6725) menunjukkan bahwa sistem berhasil mengidentifikasi seluruh foto asli sebagai tidak terindikasi manipulasi dan seluruh foto yang dimanipulasi melalui teknik object removal dan penambahan objek sebagai terindikasi manipulasi, sehingga diperoleh tingkat akurasi sebesar $9/9 \times 100\% = 100\%$. Integrasi kedua metode terbukti saling melengkapi, di mana ELA mendeteksi ketidakkonsistenan karakteristik kompresi pada level piksel sedangkan metadata EXIF memberikan verifikasi kontekstual melalui informasi perangkat dan waktu, sehingga hasil analisis yang dihasilkan lebih andal dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, yaitu jumlah sampel yang terbatas, cakupan jenis manipulasi yang baru mencakup object removal dan penambahan objek, belum diujinya performa sistem seperti kecepatan pemrosesan, ketergantungan efektivitas ELA pada format JPEG yang dapat menurun akibat kompresi berulang, kurang optimalnya analisis EXIF apabila metadata citra telah hilang, serta proses validasi hasil yang masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi subjektif, sehingga sistem ini lebih tepat diposisikan sebagai alat bantu indikasi awal keaslian citra digital, bukan sebagai bukti forensik yang bersifat konklusif. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan metode *Clone Detection*, memperluas dataset dan jenis manipulasi yang diuji, mengevaluasi performa serta efisiensi waktu proses, serta menguji ketahanan sistem terhadap citra yang telah kehilangan sebagian metadata akibat kompresi ulang oleh platform media sosial.

Pernyataan Penggunaan *Artificial Intelligence*. Penulis menggunakan ChatGPT sebagai alat bantu kecerdasan buatan (AI) untuk membantu penyuntingan bahasa, pemeriksaan tata bahasa, perbaikan struktur kalimat, serta peningkatan kejelasan penyajian naskah. Penggunaan AI tidak mencakup pengolahan maupun analisis data penelitian. Seluruh keluaran yang dihasilkan oleh AI telah diperiksa, disesuaikan, dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas isi artikel.

Pernyataan Kontribusi Penulis. **WPW** berkontribusi dalam konseptualisasi, metodologi, pengumpulan data, dan analisis penelitian. **SS** berkontribusi dalam pengembangan dan implementasi sistem serta interpretasi hasil penelitian. **H** dan **ESW** berkontribusi dalam penyusunan, peninjauan, dan penyuntingan naskah. Seluruh penulis telah membaca, meninjau, dan menyetujui versi akhir artikel serta bertanggung jawab atas seluruh aspek penelitian dan publikasi.

Pernyataan Konflik Kepentingan. Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian, kepengarangan, dan publikasi artikel ini.

Pernyataan Pendanaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, komersial, maupun organisasi nirlaba.

Pustaka

[1] K. E. Purnama, C. Rozikin, and A. A. Ridha, "Analisis forensic citra digital menggunakan teknik error level analysis dan metadata berdasarkan metode nist," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 2, pp. 1100–1107, 2023. https://doi.org/10.36040/jati.v7i2.6660.

[2] I. Sudianto and N. Anwar, "Analisa forensik citra menggunakan metode error level analysis dan block matching," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 40–48, 2023. https://doi.org/10.12928/jstie.v11i1.25714.

[3] F. Harahap, "Deteksi foto manipulasi dengan tools forensicallybeta dan imageforensic.org dengan metode

error level analysis (ela)," *TIN Terapan Informatika Nusantara*, vol. 2, no. 3, pp. 159–164, 2021. https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin/article/view/859.

[4] H. A. Syuhrawardi, S. Anraeni, and E. I. Alwi, "Analisis perbandingan metadata bukti digital gambar dengan menggunakan tools metadata++," *LINIER: Literasi Informatika dan Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, 2025. https://doi.org/10.33096/linier.v2i1.2782.

[5] M. Ridwan, Y. F. Hartoto, D. Minggu, Y. D. Cahyono, and I. Mahfudi, "Sistem forensik citra berbasis ela–apd–ssim untuk deteksi manipulasi dokumen resmi," *JATI*, vol. 10, no. 1, pp. 514–521, 2026. https://doi.org/10.36040/jati.v10i1.16801.

[6] H. Bisri and M. I. Marzuki, "Forensik citra digital menggunakan metode error level analysis, clone detection dan exif untuk deteksi keaslian gambar," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022. https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2363.

[7] Z. J. Syafar, Y. Salim, and A. R. Manga', "Analisis penerapan metode exif metadata dan metode error level analysis untuk pengolahan forensic digital," *LINIER: Literasi Informatika dan Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 129–135, 2025. https://doi.org/10.33096/linier.v2i1.2795.

[8] A. Wicaksono, N. Mardiyantoro, and H. Sibyan, "Penerapan metode error level analysis untuk mendeteksi modifikasi citra digital," *Biner: Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 62–69, 2022. https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/biner/article/view/39.

[9] R. Butarbutar, "Kejahatan siber terhadap individu: Jenis, analisis, dan perkembangannya," *Technology, Economics and Law Journal*, vol. 2, no. 2, 2023. https://doi.org/10.21143/TELJ.vol2.no2.1043.

[10] W. Y. Sulistyo, S. A. Pratiwi, and M. H. Z. Hidayatullah, "Analisis forensik citra di platform x menggunakan metode digital forensic research workshop (dfrws)," *IDEALIS: Indonesian Journal of Information Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 10–20, 2025. https://doi.org/10.36080/idealis.v8i1.3293.

[11] F. Ramadhan, E. I. Alwi, and A. R. Manga', "Deteksi foto palsu menggunakan tools forensically," *LINIER: Literasi Informatika dan Komputer*, vol. 1, no. 3, pp. 277–283, 2024. https://doi.org/10.33096/linier.v1i3.2505.

[12] L. Salamun, R. Jamil, and L. Elvitaria, "Deteksi pemalsuan gambar menggunakan error level analysis dan densenet berbasis mobile," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 6, no. 1, 2026. https://doi.org/10.58794/jekin.v6i1.2009.

[13] P. Tradisional, D. I. Wilayah, and L. Tengah, "Penerapan webgis dalam mendukung aksesibilitas informasi pasar tradisional di wilayah lampung," *Positif: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, 2026. https://doi.org/10.31961/positif.v12i1.15264.

[14] R. H. Saputra, T. Aprianto, and W. Waziana, "Transformasi digital promosi: Perancangan sistem informasi berbasis web sebagai optimalisasi pemasaran umkm zayba collection," vol. 1, no. 2, pp. 600–610, 2025. https://ejurnal.sttdumai.ac.id/index.php/prosidingsemnas/article/view/1563.

[15] K. Hafidz, M. D. Irawan, and H. D. Nawar, "Sistem penginputan data bahan pokok pada pasar tradisional sumatera utara berbasis website di disperindag sumut," *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 1, no. 3, pp. 98–107, 2022. https://doi.org/10.56211/sudo.v1i3.27.

[16] R. L. Leonard, Hasniati, and S. Bahri, "Perancangan ui/ux vixvehicle berbasis mobile menggunakan pendekatan wireframe dengan metode lean ux," *KHARISMA Tech*, vol. 21, no. 1, pp. 24–37, 2026. https://doi.org/10.55645/kharismatech.v21i1.557.