

Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk *E-Commerce* melalui Metadata *EXIF* dan Pengolahan Citra *Brightness-Contrast*

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

Nadia Pratiwi

NPM. 2209010050



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

**Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk
E-Commerce melalui *Metadata EXIF* dan Pengolahan
Citra *Brightness-Contrast***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**NADIA PRATIWI
NPM. 2209010050**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra *Brightness-Contrast*
Nama Mahasiswa : Nadia Pratiwi
NPM : 2209010050
Program Studi : Sistem Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom)
NIDN. 0108129402

Ketua Program Studi



(Mahardika Abdi Prawira Tanjung,
S.Kom., M.Kom)
NIDN. 0117088902

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce
melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast**

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 10 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Nadia Pratiwi

NPM. 2209010050

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadia Pratiwi
NPM 2209010050
Program Studi : Sistem Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

***Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce
melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 10 Maret 2026

Yang membuat pernyataan

Nadia Pratiwi

NPM. 2209010050

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Nadia Pratiwi
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 10 Maret 2005
Alamat Rumah : Jl. Marelan V No.62 Psr 02 Lk 17
Telepon/Faks/HP : 0821-7746-6724
E-mail : nadapratiwiii05@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : SD SWASTA ISLAM AL-HUDA TAMAT: 2016
SMP : SMP NEGERI 38 MEDAN TAMAT: 2019
SMA : SMK NEGERI 14 MEDAN TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahti Rizky, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M.Kom Ketua Program Studi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom Sekretaris Program Studi sekaligus Dosen Pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, mengarahkan, serta memberikan masukan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan ilmu, dan pengalaman berharga kepada penulis selama menempuh pendidikan.
8. Terima kasih kepada diri sendiri yang telah kuat bertahan sampai sejauh ini, meski harus melewati banyak lelah, air mata, dan kegagalan. Insya Allah setiap perjuangan yang telah dilalui tidak menjadi sia-sia, dan segera Allah SWT berikan jalan terbaik agar penulis dapat meraih kesuksesan, kekayaan, memperoleh pekerjaan yang layak, baik di perusahaan impian maupun di luar negeri, serta mampu membahagiakan diri sendiri dan keluarga.
9. Almarhum Bapak tercinta, dengan segala kerendahan hati saya ingin mengucapkan terima kasih karena telah menyekolahkan saya hingga sampai ke bangku perkuliahan, dengan segala lelah yang mungkin tak pernah Bapak ceritakan. Hari ini, anak perempuan pertama Bapak akhirnya sampai di titik yang dulu sama-sama kita impikan, tetapi hati saya tetap dipenuhi luka karena sampai akhir hayatnya Bapak tidak sempat menyaksikan saya meraih gelar sarjana ini. Gelar ini saya persembahkan untuk Bapak, dengan air mata, dengan cinta, dan dengan rindu yang tak akan pernah habis. Semoga Bapak tenang di sisi Allah SWT, ditempatkan di tempat terbaik.

10. Teruntuk Mamak tercinta, terima kasih karena telah bertahan sejauh ini seorang diri, memikul peran yang begitu besar sebagai seorang ibu sekaligus single parent. Terima kasih atas setiap lelah yang Mamak sembunyikan di balik senyum, atas setiap peluh yang jatuh saat bekerja, dan atas setiap doa yang tidak pernah putus untuk masa depan saya. Saya tahu, ada banyak hal yang di korbankan agar saya bisa tetap melangkah. Gelar inisaya persembahkan untuk Mamak, sebagai saksi bahwa tidak ada satu pun luka, lelah, dan pengorbanan Mamak yang sia-sia.
11. Terima kasih kepada sahabat My trip My adventure saya ke Sabang, khususnya Aricha, Bagus, Arya, Fauzan yang telah hadir, menghibur, dan memberikan semangat kepada penulis di tengah berbagai kesulitan selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran, perhatian, dan ketulusan kalian menjadi bagian penting yang membantu penulis tetap kuat hingga mampu menyelesaikan perjalanan ini.
12. Seseorang yang senantiasa hadir menemani penulis dalam berbagai langkah perjalanan, yang dengan tulus memberikan waktu, perhatian, dukungan, dan ketenangan dalam setiap proses yang dilalui. Terima kasih Alvin karena telah menjadi sosok yang selalu ada, menemani ke mana pun langkah ini berjalan, serta memberikan semangat dengan cara yang sederhana namun begitu berarti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem informasi, forensik digital, dan pengolahan citra.

Medan, 10 Maret 2026

Penulis,

Nadia Pratiwi

Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk *E-Commerce* melalui *Metadata EXIF* dan Pengolahan Citra *Brightness-Contrast*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis keaslian foto produk e-commerce melalui kombinasi metadata EXIF dan pengolahan citra brightness-contrast. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya potensi manipulasi visual pada foto produk, sementara metadata EXIF tidak selalu tersedia secara lengkap akibat proses unggah, kompresi, atau penyuntingan ulang.

Metode penelitian mengacu pada kerangka kerja forensik digital NIST SP 800-86 yang meliputi *collection*, *examination*, *analysis*, dan *reporting*. Data yang digunakan berupa foto produk *e-commerce*. Analisis dilakukan melalui ekstraksi metadata EXIF dan pengukuran brightness-contrast pada citra grayscale, kemudian digabungkan menggunakan aturan keputusan berbasis rule-based.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis web yang dikembangkan mampu melakukan unggah citra, ekstraksi metadata EXIF, perhitungan *brightness-contrast*, dan penyajian hasil analisis secara otomatis. Kombinasi kedua pendekatan tersebut memberikan indikasi awal yang lebih komprehensif dalam menilai keaslian foto produk e-commerce serta mendukung pengembangan analisis forensik digital.

Kata Kunci: forensik digital; metadata EXIF; *brightness-contrast*; keaslian citra; foto produk *e-commerce*.

Digital Forensic Analysis of E-Commerce Product Photo Authenticity through EXIF Metadata and Brightness-Contrast Image Processing

ABSTRACT

This study aims to analyze the authenticity of e-commerce product photos through a combination of EXIF metadata and brightness-contrast image processing. This research is motivated by the high potential for visual manipulation in product photos, while EXIF metadata is not always fully available due to uploading, compression, or re-editing.

The research method refers to the NIST SP 800-86 digital forensics framework, which encompasses collection, examination, analysis, and reporting. The data used are e-commerce product photos. Analysis is performed through EXIF metadata extraction and brightness-contrast measurements on grayscale images, which are then combined using rule-based decision rules.

The results show that the developed web-based system is capable of automatically uploading images, extracting EXIF metadata, calculating brightness-contrast, and presenting analysis results. The combination of these two approaches provides a more comprehensive initial indication in assessing the authenticity of e-commerce product photos and supports the development of digital forensic analysis.

Keywords: digital forensics; EXIF metadata; brightness-contrast; image authenticity; e-commerce product photos.

DAFTAR ISI

COVER	-
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Manfaat untuk Institusi	6
1.5.2 Manfaat untuk Keilmuan	6
1.5.3 Manfaat untuk Penulis	6
1.5.4 Manfaat untuk Masyarakat	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Forensik Digital	7
2.2 Metadata EXIF dalam Forensik Digital	9
2.2.1 Cara EXIF Dapat Dipalsukan atau Hilang	10
2.3 Citra Digital	11
2.3.1 Kualitas Visual pada Citra Digital	12
2.4 Pengolahan Citra Digital	13
2.4.1 Operasi Dasar Pengolahan Citra	14
2.5 <i>Brightness-Contrast</i>	15
2.6 Integrasi Metadata EXIF dan Pengolahan Citra <i>Brightness-Contrast</i>	17
2.7 Definisi Operasional Keaslian Foto	18
2.8 ExifTool	20
2.9 Python	21
2.10 Penelitian Terdahulu	24
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	26
3.1 Tahapan Penelitian	26
3.1.1 <i>Collection</i> (Pengumpulan Data)	26
3.1.2 <i>Examination</i> (Pemeriksaan)	27
3.1.3 <i>Analysis</i>	29
3.1.4 <i>Reporting</i> (Pelaporan)	30
3.2 Analisis Permasalahan	31
3.2.1 Permasalahan yang Ditemukan	31

3.2.2 Analisis Akar Masalah	33
3.2.3 Kebutuhan Sistem	34
3.3 Algoritma Sistem.....	36
3.3.1 Alur Proses Analisis Sistem	36
3.3.2 Kriteria dan Proses Pengambilan Keputusan	40
3.4 Pemodelan dan Perancangan Sistem	45
3.4.1 <i>Use Case</i> Diagram Sistem.....	46
3.4.2 <i>Activity</i> Diagram Proses Analisis Foto	47
3.4.3 <i>Class Diagram</i>	48
3.5 Perancangan Antarmuka.....	49
3.5.1 Rancangan Halaman Utama	50
3.5.2 Rancangan Halaman Hasil Analisis	51
3.5.3 Rancangan Halaman Ekspor	52
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM	66
4.1 Kebutuhan Sistem	66
4.1.1 Sumber dan Perolehan Data	66
4.1.2 Bentuk Data Mentah (Raw Data)	67
4.1.3 Pra-pemrosesan Data Foto	68
4.1.4 Atribut Data yang Dibutuhkan untuk Pemrosesan	69
4.1.5 Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	71
4.2 Implementasi Sistem	72
4.2.1 Arsitektur Sistem.....	72
4.2.2 Implementasi Struktur Proyek dan Manajemen Berkas	74
4.2.3 Implementasi Modul Unggah dan Validasi Input	76
4.2.4 Implementasi Modul Ekstraksi Metadata EXIF.....	79
4.2.5 Implementasi Modul Pengolahan Citra <i>Brightness-Contrast</i>	81
4.2.6 Implementasi Aturan Keputusan	83
4.2.7 Implementasi Penyimpanan Hasil Analisis dan Format Output.....	85
4.2.8 Implementasi Tampilan Hasil Analisis	87
4.2.9 Implementasi Visual Diagram Hasil Analisis	90
4.2.10 Implementasi Fitur Unduh (<i>Download</i>)	92
4.3 Hasil Analisis Sistem Terhadap Sampel Produk	92
4.4 Pengujian Sistem	94
4.4.1 Skenario Pengujian.....	95
4.4.2 Pengujian Fungsional (<i>Black-box</i>)	95
4.4.3 Pengujian Validasi Data	97
4.4.4 Pengujian Aturan Keputusan Sistem.....	98
4.4.5 Pengujian Output Laporan	100
BAB V PENUTUP	102
5.1 Kesimpulan.....	102
5.2 Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	24
Tabel 3.1 Kategori Indikator <i>Brightness-Contrast</i>	56
Tabel 3.2 Aturan Keputusan Berdasarkan Kombinasi Status EXIF dan Kategori <i>Brightness-Contrast</i>	58
Tabel 4.1 Arsitektur Sistem dan Fungsi Komponen.....	73
Tabel 4.2 Tag EXIF yang Terbaca	80
Tabel 4.3 Parameter Modul <i>Brightness-Contrast</i>	82
Tabel 4.4 Aturan Keputusan Sistem.....	84
Tabel 4.5 Struktur Kolom Output hasil_web.csv	86
Tabel 4.6 Hasil Analisis Sistem.....	92
Tabel 4.7 Pengujian Fungsional (<i>Black-box</i>) Sistem.....	96
Tabel 4.8 Matriks Aturan Keputusan Sistem.....	99
Tabel 4.9 Verifikasi Konsistensi Output Sistem	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Forensik Digital.....	8
Gambar 2.2 Ilustrasi Struktur Metadata EXIF.....	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Algoritma Analisis Keaslian Foto Berbasis Metadata EXIF dan <i>Brightness-Contrast</i>	37
Gambar 3.2 <i>Use Case Diagram</i> Sistem.....	59
Gambar 3.3 <i>Activity Diagram</i> Proses Analisis	60
Gambar 3.4 <i>Class Diagram</i>	61
Gambar 3.5 Rancangan Antarmuka Halaman Utama Sistem.....	63
Gambar 3.6 Rancangan Antarmuka Halaman Hasil Analisis.....	64
Gambar 3.7 Rancangan Antarmuka Halaman Ekspor.....	65
Gambar 4.1 Arsitektur <i>Client-Server</i> dan Alur <i>Input-Proses-Output</i>	73
Gambar 4.2 Struktur Direktori Sistem	76
Gambar 4.3 Halaman Unggah Foto.....	77
Gambar 4.4 Kode Implementasi Unggah dan Validasi	78
Gambar 4.5 Notifikasi Keberhasilan Analisis	78
Gambar 4.6 Kode Implementasi Ekstraksi Metadata EXIF	79
Gambar 4.7 Kode Implementasi Modul <i>Brightness-Contrast</i>	83
Gambar 4.8 Kode Implementasi Aturan Keputusan.....	85
Gambar 4.9 Kode Implementasi Penyimpanan CSV	87
Gambar 4.10 Implementasi Pembacaan Hasil Analisis dari hasil_web.csv ke template	88
Gambar 4.11 Halaman Hasil Analisis	89
Gambar 4.12 Tampilan Lihat Semua Metadata.....	90
Gambar 4.13 Halaman Diagram Donut Hasil Analisis	91

Gambar 4.14 Halaman Diagram Batang Hasil Analisis	91
Gambar 4.15 Implementasi Kode Fitur Unduh	92
Gambar 4.16 Tag EXIF Menjaga Konsistensi Struktur Data	97
Gambar 4.17 Sistem Mampu Menerapkan Aturan Keputusan Secara Konsisten	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mengubah berbagai aktivitas masyarakat, termasuk dalam transaksi digital. *E-commerce* menjadi salah satu bentuk perdagangan yang paling populer, dengan Shopee sebagai salah satu platform terbesar di Asia Tenggara (Mustika Asih, 2024). Namun, kemajuan ini juga membuka peluang penyalahgunaan untuk keuntungan pribadi. Praktik tersebut sering dimanfaatkan dalam penipuan bisnis online, seperti dengan memanipulasi gambar atau mempromosikan produk dengan pemalsuan gambar sebagai hak milik, sehingga hal ini berakibat merugikan orang lain (Apriliani & Hijjayanti, 2021)

Forensik digital adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pemulihan dan analisis bukti digital untuk mendukung proses hukum dan investigasi keamanan (Hariyadi, 2022). Salah satu pendekatan utama dalam analisis forensik citra adalah pemanfaatan metadata EXIF, yaitu data teknis yang secara otomatis direkam oleh perangkat ketika foto diambil (Apriliani & Hijjayanti, 2021). Metadata ini berisi informasi penting seperti waktu pengambilan gambar, pengaturan kamera, hingga jenis perangkat yang digunakan, sehingga dapat digunakan untuk memverifikasi apakah foto tersebut asli atau telah mengalami pengeditan tertentu.

Penelitian juga menunjukkan bahwa proses pengunggahan gambar ke platform digital sering melibatkan tahapan kompresi otomatis yang dapat mengubah atau menghapus metadata EXIF. Akibatnya, informasi teknis dalam EXIF tidak selalu dapat dijadikan dasar verifikasi yang sepenuhnya akurat. Kondisi ini menjadikan analisis EXIF kurang memadai apabila digunakan sebagai satu-

satunya metode verifikasi keaslian gambar. Oleh karena itu, pemeriksaan keaslian foto perlu dilengkapi dengan analisis terhadap konten visual citra, sehingga potensi manipulasi dapat diidentifikasi baik dari sisi teknis maupun dari perubahan visual yang tampak pada gambar (Jaya Syafar et al., 2025).

Salah satu teknik yang banyak digunakan untuk mendeteksi manipulasi visual adalah pengolahan citra berbasis *brightness* dan *contrast*. Penyesuaian kontras dan kecerahan yang tidak wajar dapat meninggalkan pola tertentu pada distribusi intensitas piksel maupun struktur histogram, yang dapat diidentifikasi melalui analisis forensik (Azhari et al., 2023). Dalam konteks forensik digital, perubahan tersebut dipandang sebagai bagian dari jejak operasi yang dapat ditelusuri melalui pemeriksaan statistik citra (Bharathiraja et al., 2022). Dengan demikian, teknik *brightness-contrast* menjadi salah satu aspek analisis visual yang penting dalam mendeteksi adanya kemungkinan manipulasi pada foto produk yang digunakan dalam konteks pemasaran digital.

Berdasarkan uraian tersebut, EXIF dan *brightness-contrast* masing-masing memiliki kelebihan sekaligus keterbatasan. Metadata EXIF kuat pada konteks teknis, tetapi bisa tidak tersedia atau tidak lengkap. Sebaliknya, analisis berbasis piksel tetap dapat dilakukan meskipun metadata hilang, namun lebih rentan terhadap interpretasi subjektif jika tidak didukung indikator kuantitatif yang jelas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang menggabungkan kedua jenis evidensi tersebut dalam satu kerangka analisis yang terstruktur.

Penelitian ini mengusulkan analisis forensik digital terhadap keaslian foto produk di platform e-commerce Shopee dengan memanfaatkan metadata EXIF dan pengolahan citra *brightness-contrast*. Analisis dilakukan dengan mengikuti

kerangka kerja NIST SP 800-86 (*collection, examination, analysis, reporting*) dan diimplementasikan dalam bentuk prototipe sistem berbasis web yang dapat membantu proses pemeriksaan foto secara lebih sistematis dan dapat diulang. Dengan pendekatan ini diharapkan diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai integritas foto produk, sekaligus memberikan kontribusi bagi upaya peningkatan kepercayaan dalam transaksi *e-commerce*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada kebutuhan mekanisme forensik digital yang dapat memeriksa keaslian foto produk Shopee secara sistematis. Permasalahan utama muncul karena metadata EXIF pada foto yang diunduh tidak selalu tersedia atau lengkap, sehingga diperlukan ekstraksi non-destruktif dan pengelompokan status metadata menjadi Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia. Selain itu, perubahan tampilan akibat penyesuaian kecerahan–kontras dapat memengaruhi karakter tonal citra tanpa tercermin pada metadata, sehingga diperlukan analisis *brightness–contrast* berbasis indikator *clipping* pada citra *grayscale* untuk mengategorikan kondisi tonal menjadi BC-rendah, BC-sedang, atau BC-Tinggi. Permasalahan penelitian ini kemudian diarahkan pada perumusan aturan keputusan *rule-based* yang mengintegrasikan hasil EXIF dan *brightness–contrast* untuk menghasilkan klasifikasi Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi.

1.3. Batasan Masalah

1. Objek penelitian dibatasi pada foto produk yang terdapat pada platform e-commerce Shopee dengan foto produk pakaian sebagai studi kasus, mengingat kategori ini mendominasi e-commerce dan memiliki pola penyajian visual yang relatif seragam.
2. Format berkas yang dianalisis dibatasi pada JPEG/JPG/PNG; berkas rusak (*corrupt*), duplikat, dan tangkapan layar (*screenshot*) dikecualikan dari pengujian.
3. Pemeriksaan metadata difokuskan pada tag EXIF tertentu sesuai ruang lingkup penelitian, yaitu *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate*, *Make/Model*, *Software*, *ExposureTime*, *ISO*, *Aperture/FNumber*, *Resolution*, dan *Orientation* (tag lain di luar daftar tidak dianalisis).
4. Status metadata EXIF dibatasi pada tiga kategori, yaitu Tersedia, Sebagian, dan Tidak Tersedia, berdasarkan keterbacaan tag fokus yang ditetapkan.
5. Analisis visual citra dibatasi pada pengukuran *brightness-contrast* berbasis indikator clipping pada citra *grayscale*, sehingga tidak mencakup teknik forensik citra lain seperti ELA, *copy-move detection*, atau deteksi splicing.
6. Keluaran sistem dibatasi pada klasifikasi indikatif tiga kategori, yaitu Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, dan Terindikasi Manipulasi, berbasis aturan keputusan (*rule-based*) yang transparan dan dapat ditelusuri.
7. Penelitian tidak membahas motif pelaku, kebijakan/algorithm kompresi internal Shopee, maupun pembuktian absolut keaslian; penelitian berfokus pada penyusunan mekanisme pemeriksaan dan klasifikasi indikatif yang dapat direplikasi.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem analisis forensik digital berbasis web untuk pemeriksaan keaslian foto produk Shopee secara non-destruktif dengan mengikuti tahapan NIST (*collection, examination, analysis, reporting*).
2. Mengekstraksi metadata EXIF dari foto produk dan mengelompokkan statusnya menjadi Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia berdasarkan tag EXIF fokus yang ditetapkan.
3. Menghitung indikator *brightness-contrast* berbasis clipping pada citra grayscale dan mengategorikan kewajaran tonal menjadi BC-rendah, BC-sedang, atau BC-Tinggi.
4. Merumuskan dan menerapkan aturan keputusan rule-based untuk mengintegrasikan hasil analisis EXIF dan *brightness-contrast* sehingga menghasilkan klasifikasi akhir Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, disertai alasan ringkas.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Untuk Institusi

Hasil penelitian ini dapat memperkaya koleksi referensi akademik dalam bidang forensik digital dan pengolahan citra, khususnya yang berkaitan dengan analisis keaslian foto. Penelitian ini juga dapat menjadi sumber rujukan bagi dosen maupun mahasiswa dalam pengembangan materi perkuliahan ataupun penelitian sejenis di masa mendatang.

1.5.2. Manfaat Untuk Keilmuan

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperluas pemahaman tentang pemanfaatan metadata EXIF dan teknik *brightness-contrast* sebagai metode deteksi manipulasi gambar, sehingga memperkaya khazanah ilmu pengetahuan di bidang keamanan digital, teknologi informasi, dan citra digital.

1.5.3. Manfaat Untuk Penulis

Penelitian ini bermanfaat sebagai sarana untuk meningkatkan kemampuan analisis, pemahaman teknis mengenai forensik digital, dan pengalaman dalam menerapkan metode pengolahan citra pada kasus nyata, sehingga dapat menjadi bekal berharga untuk pengembangan kompetensi profesional.

1.5.4. Manfaat Untuk Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran tentang pentingnya keaslian foto produk dan risiko manipulasi visual, sehingga konsumen dapat lebih cermat dalam melakukan pembelian daring.

BAB II

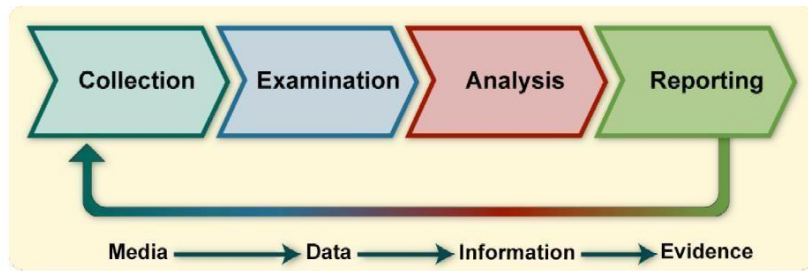
LANDASAN TEORI

2.1. Forensik Digital

Forensik digital merupakan cabang dari ilmu forensik yang berfokus pada proses identifikasi, pengumpulan, pelestarian, dan analisis bukti yang tersimpan dalam perangkat serta media digital untuk digunakan dalam investigasi hukum dan keamanan siber (Dubey et al., 2023). Bukti digital diperlakukan sebagai objek kajian ilmiah yang harus dianalisis dengan prosedur terstandar agar hasilnya sah dan dapat dipertanggungjawabkan dalam proses penegakan hukum, sehingga forensik digital dipandang sebagai bagian dari ilmu forensik dalam ranah teknologi informasi yang berhubungan langsung dengan barang bukti elektronik untuk kepentingan pembuktian perkara (Klasén et al., 2024).

Tujuan utama forensik digital adalah memperoleh bukti yang reliabel, menjaga integritas data, dan metode suatu insiden kejahatan digital. Aktivitas ini mencakup analisis berkas, log sistem, metadata, dan artefak lain dari sistem operasi maupun aplikasi, dengan ruang lingkup yang meliputi subbidang seperti forensik komputer, media penyimpanan, perangkat bergerak, jaringan, komputasi awan, dan forensik citra digital (Hariyadi, 2022).

Agar hasil pemeriksaan memiliki pembuktian kuat, Praktik forensik digital mengikuti kerangka kerja baku NIST (*National Institute of Standards and Technology*) SP 800-86 yang mencakup tahapan *collection, examination, analysis, dan reporting* dengan menjaga *chain of custody* sebagai prinsip utama (Khairunnisak et al., 2021).



Gambar 2.1 proses forensik digital

Pendekatan modern dalam forensik citra umumnya mencakup dua metode utama. Pertama, *metadata-based forensics*, yaitu analisis metadata EXIF untuk menilai ketersediaan informasi perangkat, waktu pemotretan, parameter pengambilan gambar, serta indikasi penggunaan perangkat lunak pengedit; ketidaksesuaian atau hilangnya field seperti *DateTime Original* atau *Software* dapat menjadi indikator awal adanya perubahan file (Bisri & Marzuki, 2024). Kedua, *pixel-based forensics*, yaitu analisis karakteristik piksel melalui distribusi intensitas, pola *noise*, histogram, serta transformasi citra, di mana perubahan *brightness-contrast* menjadi salah satu fokus karena menggeser distribusi intensitas dan bentuk histogram sehingga menimbulkan pola statistik yang berbeda dari citra asli (Nataraj et al., 2021).

Dalam konteks penelitian ini, forensik digital diposisikan sebagai pendekatan analitis untuk menilai integritas dan konsistensi bukti digital berupa foto produk, tanpa melibatkan analisis pelaku, motif, maupun aspek hukum. Fokus forensik digital dibatasi pada pemeriksaan teknis berkas citra dan karakteristik visualnya sebagai dasar evaluasi keaslian foto secara operasional.

2.2. Metadata EXIF dalam Forensik Digital

Metadata EXIF (*Exchangeable Image File Format*) merupakan sekumpulan metadata yang tersemat pada file citra digital dan merekam berbagai informasi teknis terkait proses pengambilan gambar seperti *DateTime Original*, merek dan model perangkat, resolusi, orientasi, serta pengaturan pencahayaan (*ISO, aperture, shutter speed*). Dengan karakteristik tersebut, EXIF berfungsi sebagai *technical footprint* yang mendokumentasikan konteks dan kondisi pemotretan secara objektif.

Dalam forensik digital, EXIF menjadi salah satu sumber informasi awal dalam menilai keaslian dan integritas foto karena dapat digunakan untuk mengidentifikasi perangkat pengambil gambar, menelusuri waktu pemotretan, serta mendeteksi indikasi pengeditan melalui perubahan pada tag *Software* atau ketidaksesuaian antara parameter teknis yang terekam (Bahreisy et al., 2025). Selain itu, perubahan pada tag seperti *Software* atau ketidakselarasan *DateTime Original* dapat menjadi indikator awal adanya manipulasi visual pada citra digital. Struktur EXIF terdiri dari beberapa kategori informasi yang bersifat komplementer, yaitu:

- a. Tag waktu (*DateTimeOriginal, CreateDate, ModifyDate*) digunakan untuk memeriksa konsistensi waktu perekaman dan modifikasi berkas. Ketidakwajaran atau ketiadaan informasi waktu dicatat sebagai keterbatasan evidensi metadata.
- b. Tag perangkat (*Make, Model*) digunakan untuk mengidentifikasi sumber perangkat perekam dan mendukung konsistensi konteks teknis.

- c. Tag jejak perangkat lunak (*Software*) digunakan sebagai indikator adanya proses pemrosesan melalui aplikasi tertentu, meskipun keberadaannya tidak otomatis membuktikan manipulasi karena dapat muncul akibat proses penyimpanan ulang (*re-save*).
- d. Tag pemotretan (*ExposureTime, ISO, Aperture/FNumber*) digunakan untuk memberikan konteks pencahayaan dan karakter pengambilan gambar.
- e. Tag struktur berkas (*Resolution, Orientation*) digunakan untuk memeriksa atribut dasar yang lazim terekam pada citra serta mendukung dokumentasi pemeriksaan.

Untuk memperjelas struktur metadata dan ruang lingkup tag yang dianalisis, penelitian ini menyajikan ilustrasi struktur EXIF dan tag fokus pada Gambar 2.2

DateTimeOriginal	:	2026:01:23 10:15:32
CreateDate	:	2026:01:23 10:15:32
ModifyDate	:	2026:01:23 10:15:32
Make	:	Xiaomi
Model	:	Redmi Note 12
Software	:	Adobe Photoshop 2024
ExposureTime	:	1/100
ISO	:	200
FNumber	:	f/2.0
Resolution	:	1080×1080
Orientation	:	Horizontal (normal)

Gambar 2.2 Ilustrasi struktur metadata EXIF

2.2.1. Cara EXIF Dapat Dipalsukan atau Hilang

Metadata EXIF digunakan sebagai dasar untuk memverifikasi ketersediaan teknis suatu citra. Ketidaksesuaian atau perubahan metadata sering dijadikan indikator awal adanya manipulasi visual pada citra digital. Perubahan tersebut dapat terjadi karena:

- a. Kompresi otomatis ketika foto diunggah ke media sosial atau platform *e-commerce*.
- b. Pengeditan gambar melalui aplikasi seperti Photoshop, Lightroom, atau Snapseed.
- c. Tangkapan layar (*screenshot*) yang menghilangkan seluruh metadata asli.
- d. Penyimpanan ulang (*re-save*) menggunakan software pengolahan gambar yang tidak mempertahankan EXIF.

Kondisi menunjukkan bahwa metadata EXIF dapat dimodifikasi atau dihapus dengan sangat mudah, sehingga tidak dapat dijadikan satu-satunya acuan dalam autentikasi citra. Karena itu, EXIF perlu dianalisis bersama pemeriksaan visual berbasis piksel agar hasilnya lebih akurat dan komprehensif (Prasetyo et al., 2021). Oleh karena itu, analisis EXIF perlu dikombinasikan dengan pemeriksaan visual berbasis piksel agar verifikasi keaslian citra lebih akurat. Pendekatan ini penting dalam konteks foto produk *e-commerce*, di mana manipulasi visual seperti penyesuaian *brightness-contrast* dapat dilakukan tanpa mengubah metadata secara signifikan.

2.3. Citra Digital

Citra digital (*digital image*) merupakan representasi visual suatu objek yang telah direkam dan dinyatakan dalam format diskrit sehingga dapat disimpan, diproses, dan dianalisis menggunakan komputer. Dalam sudut pandang pengolahan citra, citra digital umumnya dimodelkan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$, di mana x dan y menyatakan koordinat spasial, sedangkan nilai f pada tiap koordinat

merepresentasikan tingkat kecerahan/intensitas. Karena diproses secara komputasional, maka koordinat dan tingkat kecerahan citra bersifat diskrit (tidak kontinu) (Simarmata, 2022).

Secara struktural, citra digital dapat dipandang sebagai data dua dimensi yang menyimpan informasi intensitas (untuk citra keabuan) atau intensitas warna (untuk citra berwarna). Citra digital tersusun dari elemen-elemen kecil bernama piksel yang membentuk keseluruhan gambar. Kepadatan/jumlah piksel dalam suatu citra berkaitan langsung dengan resolusi, sehingga semakin tinggi resolusi maka semakin banyak detail visual yang dapat direpresentasikan (Faradilla et al., 2022). Citra digital dalam penelitian ini Merujuk pada foto produk yang ditampilkan pada platform *e-commerce*. Citra digital yang umum digunakan dalam penelitian pengolahan citra dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 1. Citra *Grayscale* (keabuan):** Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memuat informasi tingkat keabuan (tanpa *hue/saturation* warna), sehingga setiap piksel merepresentasikan nilai intensitas. Dalam praktik 8-bit, *grayscale* sering direpresentasikan dalam 256 tingkat keabuan (rentang 0–255) dari gelap ke terang (Faradilla et al., 2022) .
- 2. Citra RGB (berwarna):** Citra RGB merepresentasikan warna dengan tiga kanal utama: R (*red*), G (*green*), B (*blue*). Setiap kanal memiliki intensitas tersendiri, umumnya direpresentasikan dengan nilai maksimum 255 (8-bit) per kanal. Kombinasi ketiga kanal tersebut menghasilkan variasi warna yang sangat besar (mencapai jutaan kombinasi) (Faradilla et al., 2022).
- 3. Citra Biner:** Citra biner adalah citra dengan dua kemungkinan nilai piksel (umumnya 0 dan 1), yang secara konseptual merepresentasikan dua kelas

(latar–objek). Penentuan nilai 0/1 biasanya terkait ambang (*threshold*) tertentu pada intensitas (Faradilla et al., 2022).

Dalam konteks penelitian ini, nilai intensitas piksel menjadi aspek penting karena penyesuaian *brightness* dan *contrast* pada dasarnya merupakan transformasi terhadap nilai intensitas tersebut. Perubahan *brightness–contrast* dapat dianalisis secara kuantitatif melalui perubahan sebaran intensitas, salah satunya menggunakan histogram citra, yaitu representasi distribusi frekuensi nilai intensitas piksel pada citra.

2.3.1. Kualitas Visual Pada Citra Digital

Kualitas visual citra digital merujuk pada seberapa baik citra menyajikan informasi visual sehingga mudah dipersepsi manusia maupun layak untuk dianalisis sistem komputasi. Dalam praktiknya, tidak semua citra digital memiliki kualitas visual yang baik, citra dapat mengalami berbagai penurunan kualitas seperti derau/*noise*, tampilan terlalu terang atau terlalu gelap, kurang tajam, atau kabur (*blurring*) sehingga informasi yang ingin disampaikan menjadi lebih sulit diinterpretasikan (Faradilla et al., 2022).

Mutu citra umumnya dinilai melalui karakteristik dasar seperti *brightness*, *contrast*, *saturation*, *sharpness*, dan *noise*. *Brightness* dan *contrast* bukan hanya parameter pengeditan, tetapi juga indikator penting untuk menilai kewajaran dan kualitas tampilan citra. Kualitas ini sangat dipengaruhi kondisi pemotretan, terutama pencahayaan. Pada kondisi tidak ideal seperti *low light* atau pencahayaan tidak merata, citra cenderung memiliki kontras lemah dan kualitas visual menurun (Hu et al., 2021).

Pengolahan citra digital menyediakan teknik komputasi untuk meningkatkan kualitas tampilan, namun proses tersebut juga dapat mengubah tampilan citra sehingga perlu dicermati dalam konteks forensik, apakah perubahan yang terjadi masih wajar atau mengarah pada manipulasi. Karena penelitian ini menilai kewajaran foto produk melalui *brightness-contrast*, maka subbab ini menjadi dasar bahwa foto yang wajar semestinya menunjukkan kecerahan dan kontras yang natural sesuai kondisi pemotretan, sedangkan perubahan berlebihan berpotensi menimbulkan karakteristik visual yang menyimpang. Kualitas visual yang dimaksud dalam penelitian ini diukur berdasarkan karakteristik teknis citra, bukan berdasarkan persepsi estetika atau subjektivitas visual.

2.4. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses manipulasi atau analisis citra menggunakan teknik komputasi untuk mengekstraksi informasi, meningkatkan kualitas visual, maupun mendeteksi adanya perubahan pada struktur gambar. Pengolahan citra digunakan untuk mengidentifikasi anomali yang muncul akibat proses rekayasa gambar, seperti penyesuaian *brightness-contrast*, pengaburan, penyambungan objek, hingga pemalsuan konten visual.

Analisis ini dilakukan secara objektif karena setiap operasi pengeditan meninggalkan pola matematis dan perubahan statistik yang dapat diukur pada piksel dan distribusi intensitas citra (Ratna, 2021). Dalam penelitian ini, pengolahan citra difokuskan pada operasi intensitas *brightness-contrast* dan analisis histogram

untuk menilai kewajaran tampilan visual foto produk sebelum dikombinasikan dengan bukti berbasis metadata EXIF.

2.4.1. Operasi Dasar Pengolahan Citra

Operasi dasar pengolahan citra yang relevan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian utama:

1. **Transformasi intensitas:** memetakan nilai piksel ke nilai baru (linear maupun non-linear) untuk mengatur komponen terang–gelap citra. Transformasi ini menjadi dasar dari penyesuaian *brightness* dan *contrast* karena keduanya pada prinsipnya mengubah distribusi intensitas piksel secara global maupun lokal.
2. **Enhancement citra:** teknik untuk meningkatkan keterbacaan detail, misalnya menggunakan pendekatan berbasis histogram seperti *Histogram Equalization* (HE). Studi internasional menegaskan bahwa HE memang fundamental untuk peningkatan kontras, tetapi juga memiliki kelemahan seperti kehilangan informasi/*gray-level* tertentu dan menghasilkan tampilan yang tidak natural bila diterapkan tanpa control (Vijayalakshmi, 2021).
3. **Analisis histogram:** memeriksa distribusi intensitas untuk mendeteksi gejala seperti *clipping* (penumpukan nilai ekstrem), dominasi rentang intensitas tertentu, atau perubahan global akibat *enhancement*. Dalam praktik *enhancement* modern, histogram sering dipakai sekaligus sebagai dasar transformasi dan sebagai alat evaluasi karena perubahan histogram yang terlalu agresif berkorelasi dengan risiko artefak/*over-enhancement* (Kumar & Kumar, 2021).

2.5. *Brightness–Contrast*

Brightness dan *contrast* merupakan dua komponen utama dalam pengolahan citra digital yang berfungsi mengatur tingkat intensitas cahaya serta perbedaan tonal pada suatu gambar. penyesuaian *brightness–contrast* bekerja dengan memodifikasi intensitas piksel secara sistematis sehingga mengubah distribusi tonal dan struktur histogram citra. Transformasi ini umum digunakan dalam proses peningkatan kualitas citra, namun juga dapat meninggalkan pola statistik tertentu yang dapat diidentifikasi dalam analisis forensik, terutama ketika perubahan dilakukan secara tidak alami (Li et al., 2022).

Dalam penelitian ini, analisis *brightness–contrast* digunakan untuk menilai apakah tampilan foto produk *e-commerce* masih wajar dan konsisten dengan karakter visual yang natural, sebelum hasilnya dipadukan dengan analisis metadata EXIF. Secara umum, penyesuaian *brightness–contrast* termasuk operasi *point processing*, yaitu transformasi yang memodifikasi nilai intensitas piksel berdasarkan nilai piksel itu sendiri.

Penyesuaian *brightness–contrast* dapat dimodelkan sebagai transformasi intensitas, model yang umum untuk menggambarkan perubahan global adalah transformasi linear:

$$I'(x,y) = \text{clip}(\alpha \cdot I(x,y) + \beta, 0, 255) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

$I(x,y)$: intensitas awal,

$I'(x,y)$: intensitas hasil,

α : faktor kontras (gain),

β : *offset brightness*,

$\text{clip}(\cdot)$: pembatasan agar tetap pada rentang 0–255.

Pada ranah forensik, *contrast enhancement* dipandang sebagai salah satu bentuk pengolahan yang berpotensi meninggalkan jejak statistik pada citra, dan karenanya menjadi objek kajian forensik maupun anti-forensik (Zou et al., 2021). Agar indikator tonal dapat dihitung secara stabil dan sederhana, penelitian ini melakukan analisis pada citra *grayscale* (Bataineh, 2023).

$$Y(x,y) = 0.299R(x,y) + 0.587G(x,y) + 0.114B(x,y) \dots \dots \dots (2.2)$$

Setelah citra dikonversi ke *grayscale*, indikator clipping dihitung berbasis histogram intensitas $h(g)$, dengan $g \in [0,255]$ dan N sebagai total piksel. Indikator clipping dihitung sebagai persentase piksel *grayscale* yang berada pada rentang ekstrem bawah (*shadow*) dan ekstrem atas (*highlight*). Nilai ini digunakan untuk menilai kewajaran kondisi tonal dengan clipping rendah dikategorikan BC-rendah, BC-sedang, atau BC-Tinggi.

2.6. Integrasi Metadata EXIF dan Pengolahan Citra *Brightness–Contrast*

Integrasi analisis metadata EXIF dan analisis visual berbasis *brightness–contrast* diposisikan sebagai pendekatan yang saling melengkapi untuk meningkatkan ketepatan autentikasi foto produk *e-commerce*. Dalam konteks konten belanja daring, aspek keaslian dan kewajaran visual foto berpengaruh terhadap persepsi kredibilitas informasi serta ketertarikan pengguna terhadap produk, sehingga verifikasi foto produk secara digital menjadi relevan untuk mencegah representasi visual yang menyesatkan (Jin et al., 2022).

Dari sisi teknis, metadata EXIF menyediakan informasi level-berkas yang dapat digunakan untuk memeriksa konsistensi konteks pembuatan foto, seperti waktu perekaman, parameter pemotretan, serta kemungkinan jejak perangkat lunak. Meskipun demikian, reliabilitas EXIF perlu diperlakukan secara hati-hati, sebab pada praktiknya metadata dapat berkurang, berubah, atau bahkan hilang akibat proses kompresi, *re-encoding*, maupun mekanisme pemrosesan platform saat file diunggah atau dipindahkan. Konsekuensinya, penilaian keaslian yang semata-mata bergantung pada metadata berisiko menghasilkan kesimpulan yang kurang kuat (Soni, 2025).

Berbeda dengan EXIF, analisis *brightness-contrast* bekerja pada level piksel dan berfokus pada perubahan terukur pada intensitas serta histogram. Penyesuaian kecerahan dan kontras pada dasarnya memetakan nilai intensitas sehingga dapat menimbulkan perubahan distribusi tonal, misalnya pergeseran rerata intensitas, perubahan sebaran, atau gejala *clipping* pada rentang ekstrem. Literatur forensik citra juga menekankan bahwa peningkatan kontras tertentu dapat meninggalkan artefak statistik pada histogram (pola puncak-celah/peak-gap), termasuk pada skenario ketika jejak tersebut dicoba untuk disamarkan melalui teknik anti-forensik. Dengan demikian, analisis *brightness-contrast* memberikan dasar pemeriksaan yang tetap dapat dilakukan meskipun metadata tidak lengkap (Bharathiraja et al., 2022). Dengan demikian, integrasi kedua pendekatan ini dilakukan sebagai mekanisme validasi silang: EXIF menguatkan konteks teknis dan riwayat pemrosesan, sementara analisis *brightness-contrast* menguji kewajaran tampilan berdasarkan bukti statistik piksel.

2.7. Definisi Operasional Keaslian Foto

Dalam kajian forensik digital, istilah keaslian foto dapat dipahami dengan beragam makna bergantung pada sudut pandang analisis yang digunakan. Supaya sejalan dengan metode dan ruang lingkup penelitian ini, diperlukan perumusan definisi operasional yang jelas, sehingga istilah keaslian yang digunakan merujuk pada konsep yang spesifik dan terukur. Keaslian foto dalam penelitian ini didefinisikan sebagai kondisi teknis suatu gambar digital yang menunjukkan ketersediaan antara informasi metadata dan karakteristik visual gambar, serta tidak menunjukkan indikasi kuat adanya manipulasi digital yang signifikan berdasarkan indikator forensik yang digunakan. Keaslian yang dimaksud bersifat teknis operasional, sehingga tidak mengandung makna keaslian mutlak, dan tidak berhubungan dengan kondisi fisik objek, serta tidak berhubungan dengan status hukum ataupun kewajiban pelaku usaha.

Penilaian keaslian foto didasarkan pada dua jenis evidensi utama, yaitu evidensi tingkat berkas dan evidensi tingkat piksel. Bukti tingkat berkas direpresentasikan oleh status metadata EXIF yang mencerminkan ketersediaan serta keterbacaan informasi teknis pengambilan. Sementara itu, bukti tingkat piksel diwujudkan dalam indikator kecerahan dan kontras yang digunakan untuk menyebarkan intensitas dan tingkat kontras secara global. Berdasarkan kombinasi kedua jenis bukti tersebut, keaslian foto diklasifikasikan ke dalam tiga kategori keputusan operasional sebagai berikut .

- a. Tidak Terindikasi Manipulasi, apabila karakteristik kecerahan–kontras berada dalam rentang yang dinilai wajar dan metadata EXIF tersedia secara penuh, sehingga tidak ditemukan indikasi teknis yang

kuat mengarah pada dugaan manipulasi digital signifikan. Kategori ini menunjukkan bahwa foto secara teknis konsisten dengan proses perekaman citra digital yang normal, dengan catatan keterbatasan metadata tetap dicantumkan apabila EXIF hanya terbaca sebagian.

- b. Meragukan, apabila salah satu atau kedua jenis evidensi menunjukkan keterbatasan atau ketidakwajaran tingkat ringan hingga sedang, misalnya metadata EXIF tidak tersedia sama sekali atau indikator kecerahan–kontras mengindikasikan penyimpangan tonal yang moderat. Pada kategori ini, evidensi yang diperoleh belum cukup kuat untuk menyimpulkan adanya manipulasi, namun juga belum memadai untuk menyatakan foto tidak terindikasi manipulasi secara teknis.
- c. Terindikasi Manipulasi, apabila indikator kecerahan kontras menunjukkan ketidakwajaran tonal yang kuat, seperti dominasi intensitas ekstrem atau gejala *clipping* yang berpotensi menghilangkan detail citra, baik disertai ketersediaan metadata EXIF maupun tidak. Kategori ini menandakan adanya indikasi teknis yang signifikan terhadap kemungkinan terjadinya manipulasi digital, namun tetap diposisikan sebagai indikasi forensik, bukan sebagai pembuktian mutlak.

2.8. ExifTool



ExifTool merupakan aplikasi berbasis *command-line* yang dikembangkan oleh Phil Harvey untuk membaca dan menulis metadata pada berkas digital, khususnya berkas citra, serta mendukung skema metadata seperti EXIF, IPTC, XMP, GPS, dan *MakerNotes* yang lazim melekat pada foto digital (Harvey, n.d.). ExifTool digunakan sebagai instrumen utama untuk mengekstraksi metadata EXIF dari foto produk sehingga informasi teknis tersebut dapat dianalisis sebagai indikator keaslian serta dibandingkan dan digabungkan dengan hasil analisis berbasis piksel (*brightness-contrast*) (Hash, 2023).

Penempatan ExifTool dalam alur penelitian mengikuti kerangka kerja NIST SP 800-86 yang mencakup tahapan *collection*, *examination*, *analysis*, dan *reporting* (Journal et al., 2022). Pada tahap *collection*, berkas foto produk dikumpulkan dan diinventarisasi sebagai objek pemeriksaan; pada tahap *examination*, ExifTool digunakan untuk melakukan ekstraksi dan penataan data metadata, kemudian pada tahap *analysis*, tag yang relevan diinterpretasikan untuk menilai ketersediaan informasi teknis, dan pada tahap *reporting*, temuan disajikan secara sistematis serta dikaitkan dengan temuan *brightness-contrast* untuk mendukung kesimpulan autentikasi foto produk (Siber, 2025).

Dalam penelitian ini, penggunaan ExifTool dibatasi pada fungsi pembacaan/ekstraksi (*read-only*) untuk memastikan file bukti digital tidak berubah selama proses pemeriksaan. Pembatasan ini penting karena ExifTool juga mendukung pengubahan, penambahan, maupun penghapusan tag metadata, yang berpotensi mengubah kondisi file yang sedang diperiksa dan menurunkan validitas hasil analisis forensik apabila digunakan tanpa kendali (Harvey, n.d.). Oleh karena itu, seluruh pemeriksaan dilakukan secara non-destruktif, dengan memastikan temuan berasal dari hasil ekstraksi dan pencatatan, bukan dari file yang telah dimodifikasi selama proses penelitian

2.9. Python



Python merupakan bahasa pemrograman interpretatif yang berfokus pada keterbacaan kode. Python diklaim sebagai bahasa pemrograman yang memiliki kode-kode pemrograman yang jelas, lengkap, dan mudah untuk dipahami. Python secara umum berbentuk pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif, dan pemrograman fungsional. (Apriliani & Hijjayanti, 2021).

Dalam penelitian ini, Python berperan sebagai lingkungan integrasi (*computational framework*) yang mengelola seluruh proses analisis foto produk yang diunggah di platform *e-commerce*. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang populer dalam bidang pengolahan citra karena menyediakan berbagai pustaka yang kuat, seperti OpenCV (Bijaksana & Tahcfulloh, 2022). Python memungkinkan integrasi antara analisis metadata EXIF menggunakan ExifTool dan analisis *brightness-contrast* menggunakan OpenCV. Penggunaan Python memungkinkan proses analisis dilakukan secara sistematis, terstruktur, serta dapat direplikasi, sehingga mendukung keandalan dan konsistensi hasil penelitian (Riani et al., 2024).

Python dimanfaatkan untuk mengotomasi proses pemanggilan ExifTool serta mengelola hasil ekstraksi metadata yang relevan dengan tujuan penelitian. Python digunakan untuk:

1. Mengotomasi pemanggilan ExifTool
2. Mengelola dan memfilter hasil ekstraksi metadata untuk analisis
3. Menyelaraskan hasil metadata dengan analisis citra *brightness-contrast*

Selain analisis metadata, Python juga digunakan untuk mengintegrasikan pengolahan citra digital menggunakan *library* OpenCV. OpenCV merupakan *library* pengolahan citra yang banyak digunakan dalam penelitian akademik karena menyediakan fungsi-fungsi dasar yang stabil dan teruji untuk analisis citra (Runtuwene et al., 2024). OpenCV sangat mudah digunakan dan memiliki banyak fitur, menjadikannya salah satu alat penting dalam pengembangan aplikasi penglihatan komputer. Beberapa fitur utama OpenCV adalah sebagai berikut:

- a. Pemrosesan Gambar: Memungkinkan peneliti melakukan manipulasi dasar citra seperti *cropping*, *resizing*, konversi ruang warna, serta transformasi dasar untuk menyiapkan citra sebelum dihitung nilai *brightness-contrast* dan histogram.
- b. Pengolahan Citra dan Ekstraksi Fitur: Menyediakan algoritma untuk penghitungan fitur citra seperti histogram intensitas, statistik intensitas, serta operasi peningkatan citra yang mendukung penilaian kewajaran visual dan indikasi manipulasi.

OpenCV merupakan pustaka *open-source* yang luas digunakan dalam pengolahan citra dan mudah diintegrasikan dengan Python, sehingga sesuai sebagai *tool* implementasi analisis berbasis piksel pada penelitian ini (Maulana et al., 2024).

2.10. Studi Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Keterkaitan dengan Penelitian
1	Apriliani, Hijjayanti, & Suhairoh (2021)	Analisis Keaslian Citra dengan Menggunakan Exif Metadata	Menunjukkan bahwa metadata EXIF dapat digunakan sebagai petunjuk teknis dalam membedakan citra yang wajar dan citra yang terindikasi telah mengalami proses tertentu pada level berkas.	Mendukung langsung jalur evidensi tingkat berkas pada penelitian saya (metadata EXIF), sekaligus memperkuat argumentasi bahwa EXIF relevan namun tidak selalu cukup sebagai evidensi tunggal.
2	Hariyadi dkk. (2022)	Buku Panduan Dasar Forensik Digital	Menekankan perlunya prosedur terstruktur dan menjaga integritas berkas selama pemeriksaan forensik digital.	Mendukung metodologi penelitian saya, terutama penegasan prinsip pemeriksaan non-destruktif dan pelaporan yang dapat ditelusuri.
3	Riani dkk. (2024)	SiCitra: Aplikasi Web Image Processing Berbasis OpenCV	Menunjukkan implementasi pengolahan citra berbasis OpenCV pada aplikasi web (termasuk operasi pemrosesan citra).	Relevan sebagai rujukan pemilihan tool OpenCV untuk pipeline analisis citra pada Bab II–III.
4	Bharathiraja dkk. (2022)	<i>Exposing Digital Image Forgeries from Statistical Footprints: Identifying Anti-forensic Contrast Enhancement</i>	Membahas pemalsuan citra melalui jejak statistik serta <i>contrast enhancement</i> dan anti-forensik; menekankan bahwa indikator statistik dapat digunakan untuk investigasi, namun dapat ditutupi sehingga perlu kombinasi bukti dan interpretasi hati-hati.	Mendukung secara konseptual jalur <i>brightness–contrast</i> , manipulasi fotometrik meninggalkan jejak statistik terukur yang dapat dianalisis tanpa bergantung metadata.
5	Rehman dkk. (2024)	<i>Contrast and Brightness Manipulation of Image Enhancement using Verilog</i>	Menunjukkan bahwa manipulasi <i>brightness–contrast</i> memengaruhi intensitas piksel secara sistematis sehingga mengubah karakteristik citra secara global.	Melengkapi dasar teoritis penelitian saya tentang bagaimana <i>brightness–contrast</i> bekerja pada level piksel, sehingga relevan
6	Nataraj dkk. (2021)	<i>Holistic Image Manipulation</i>	Menunjukkan pendekatan berbasis	studi ini memakai model pembelajaran dan fitur

		<i>Detection using Pixel Co-occurrence Matrices</i>	piksel mampu mendeteksi manipulasi secara umum melalui pola statistik piksel tanpa mengandalkan metadata.	kompleks, sedangkan penelitian saya menggunakan indikator <i>brightness-contrast</i> yang lebih sederhana, terukur, dan rule-based untuk kebutuhan sistem yang lebih ringan.
7	Li dkk. (2022)	<i>Low-light Image Enhancement with Brightness Balance and Detail Preservation</i>	Memperlihatkan bahwa perubahan <i>brightness/contrast</i> memengaruhi detail dan karakter tonal, sehingga dapat diamati melalui perubahan intensitas global.	menguatkan bahwa perubahan intensitas global berdampak pada detail/tonal dan dapat dianalisis sebagai indikator ketidakwajaran.
8	Bisri & Marzuki (2023)	Forensik Citra Digital untuk Deteksi Pemalsuan dengan <i>Error Level Analysis, Clone Detection</i> dan Exif Metadata	Dilaporkan bahwa akurasi clone detection dan EXIF berada pada kisaran sekitar 94,1%–94,9% pada sampel uji yang disebutkan	mendukung gagasan multi-evidensi (metadata + piksel), tetapi penelitian saya membatasi fokus piksel pada <i>brightness-contrast</i> (lebih spesifik), bukan clone/ELA, sehingga ruang lingkup lebih sempit dan selaras dengan tujuan saya.
9	Hu dkk. (2021)	<i>A New No-Reference Night-Time Image Quality Assessment Method Using Quality Aware Features</i>	Menunjukkan kualitas citra dapat dipetakan melalui indikator kuantitatif yang stabil pada karakteristik intensitas.	Melengkapi penelitian saya pada aspek argumentasi bahwa indikator intensitas (<i>brightness/contrast</i>) relevan sebagai ukuran kuantitatif yang dapat distandardisasi untuk banyak citra.
10	Anugraha, M., Kristianto, R. P., & Hartanto, A. (2022)	<i>Forensic Metadata Analysis in Detecting Digital Image Manipulation</i>	Menggunakan tahapan NIST <i>collection, examination, analysis, reporting</i> sebagai alur kerja forensik.	penelitian saya mengadopsi logika NIST yang sama, tetapi memperluas tahap analysis dengan menambahkan evidensi tingkat piksel (<i>brightness-contrast</i>) sebagai mekanisme validasi silang

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan rangkaian aktivitas yang disusun secara sistematis untuk memastikan proses penelitian berjalan terarah, terukur, dan konsisten terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Penelitian ini mengadopsi kerangka kerja *National Institute of Standards and Technology* (NIST) yang terdiri atas empat fase utama, yaitu *collection*, *examination*, *analysis*, dan *reporting*. Pemilihan kerangka NIST didasarkan pada kesesuaiannya dengan praktik forensik digital karena menyediakan prosedur kerja yang terstruktur, transparan, serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Implementasi NIST pada penelitian ini disesuaikan dengan konteks penilaian indikasi keaslian foto produk pada platform *e-commerce* Shopee melalui integrasi metadata EXIF dan analisis citra berbasis *Brightness–Contrast*.

3.1.1. Collection (Pengumpulan Data)

Tahap *collection* merupakan fase awal yang berfokus pada penghimpunan bukti digital yang akan diproses pada tahap berikutnya. Objek penelitian ini adalah foto produk pakaian yang dipublikasikan pada platform Shopee dalam format berkas JPG/JPEG/PNG. Pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh foto secara langsung dari halaman produk (bukan tangkapan layar), kemudian menyimpan berkas sebagaimana adanya tanpa konversi ulang maupun pemrosesan tambahan. Langkah tersebut diterapkan untuk menjaga integritas berkas dan menghindari perubahan yang dapat memengaruhi metadata maupun karakteristik piksel.

Seluruh berkas yang terkumpul didokumentasikan dalam inventaris dataset secara terstruktur untuk mendukung keterlacakan (*traceability*). Informasi minimal yang dicatat meliputi identitas berkas (nama file), subkategori produk, sumber toko, identitas halaman produk, serta tanggal pengunduhan. Pencatatan ini diperlukan agar setiap sampel dapat ditelusuri kembali pada saat pengujian, pelaporan, maupun verifikasi ulang.

1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Agar kualitas data tetap terjaga, diterapkan kriteria seleksi sebagai berikut.

- a. Kriteria inklusi, yaitu foto utama pada halaman produk yang diunduh langsung dari Shopee dan disimpan tanpa modifikasi.
- b. Kriteria eksklusi, yaitu berkas berupa tangkapan layar (*screenshot*), berkas yang rusak (*corrupt*) atau tidak dapat dibuka, serta berkas duplikat. Pengecualian ini dilakukan karena kondisi tersebut berpotensi menghilangkan metadata EXIF, mengubah karakteristik piksel, dan menurunkan reliabilitas analisis.

2. Target Minimal Sampel dan Sebaran Data

Penelitian ini memfokuskan ruang lingkup pada foto produk pakaian pada platform Shopee. Untuk memastikan variasi representasi visual serta menyediakan data uji yang memadai bagi pengujian sistem, dataset ditetapkan sebanyak 100 citra.

Kelompok citra asli disusun secara sistematis agar tidak didominasi oleh satu penjual maupun satu jenis produk. Aturan pengambilan sampel citra asli ditetapkan sebagai berikut:

1. 5 subkategori pakaian: blouse, kemeja, dress, pakaian tidur, dan kaos;
2. pada setiap subkategori dipilih 20 toko yang berbeda;
3. dari setiap toko dipilih 1 halaman produk yang sesuai subkategori;
4. dari setiap halaman produk digunakan 1 foto utama sebagai sampel.

Dengan ketentuan tersebut, jumlah citra asli dihitung sebagai:
 $5 \text{ subkategori} \times 20 \text{ toko} \times 1 \text{ halaman produk} \times 1 \text{ foto utama} = 100 \text{ citra.}$

3. Aturan Pengambilan sampel

Aturan pengambilan sampel disusun untuk meminimalkan bias dan memastikan distribusi data lebih merata. Pada setiap subkategori pakaian dipilih 10 toko berbeda agar variasi gaya pemotretan tidak terkonsentrasi pada satu sumber. Dari setiap toko dipilih 1 halaman produk yang sesuai subkategori, kemudian digunakan 1 foto utama sebagai sampel citra asli. Seluruh citra diunduh secara langsung dari halaman produk, disimpan apa adanya, dan dicatat ke dalam inventaris dataset.

Untuk membentuk citra edit, setiap citra asli diproses menjadi satu citra turunan melalui penyesuaian *Brightness–Contrast* secara terkontrol. Berkas citra edit disimpan terpisah dan diberi penamaan yang dapat membedakan versi asli dan versi edit agar tidak terjadi kekeliruan pada tahap pengujian.

3.1.2. *Examination (Pemeriksaan)*

Tahap *examination* merupakan pemeriksaan awal terhadap bukti digital secara *non-destruktif*, yaitu berkas yang dianalisis tidak diubah, tidak ditimpa, dan tidak dimodifikasi selama proses berlangsung. Pemeriksaan difokuskan pada dua jalur evidensi, yaitu *metadata-based forensics* melalui metadata EXIF dan *pixel-based forensics* melalui analisis *Brightness–Contrast*. Secara operasional, tahap pemeriksaan meliputi langkah-langkah berikut:

1. Validasi Berkas dan Identifikasi Awal

Setiap berkas foto yang masuk ke sistem terlebih dahulu diperiksa kesesuaiannya dengan batasan penelitian. Pemeriksaan ini meliputi verifikasi format file (hanya menerima JPEG/JPG/PNG), pengecekan apakah berkas dapat dibuka dan dibaca tanpa error, serta pencatatan atribut dasar seperti nama file, ukuran, dan dimensi citra. Berkas yang tidak memenuhi kriteria misalnya format tidak sesuai, file rusak (*corrupt*), atau terdeteksi sebagai duplikat ditandai sebagai tidak valid, dicatat dalam log pemeriksaan, dan tidak dilanjutkan ke tahap analisis.

2. Ekstraksi Metadata EXIF (*Read-only*) Menggunakan ExifTool

Untuk setiap berkas yang valid, sistem mengekstraksi metadata menggunakan ExifTool pada mode baca saja (*read-only*). Ekstraksi dibatasi pada tag fokus penelitian, antara lain *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate*, *Make/Model*, *Software*, *ExposureTime*, *ISO*, *FNumber*, *Resolution*, dan *Orientation*. Hasil ekstraksi disimpan dalam format terstruktur agar dapat diproses dan ditelusuri pada tahap

analisis. Status ketersediaan EXIF ditetapkan secara operasional berdasarkan jumlah tag fokus yang terisi, yaitu:

1. EXIF Tersedia, apabila jumlah tag fokus yang terisi ≥ 8 ;
2. EXIF Sebagian, apabila jumlah tag fokus yang terisi 1–7;
3. EXIF Tidak Tersedia, apabila tidak ada tag fokus yang terisi (0).

Pendekatan ini digunakan agar penentuan status EXIF bersifat objektif, replikatif, dan konsisten dengan implementasi sistem.

3. Persiapan Citra Untuk Analisis *Brightness Contrast*

Pada jalur piksel, citra dikonversi ke *grayscale* sebagai citra kerja untuk perhitungan indikator *Brightness–Contrast*. Kategori *Brightness–Contrast* digunakan secara konsisten dalam tiga tingkat, yaitu BC-rendah, BC-sedang, dan BC-tinggi, sesuai kriteria yang ditetapkan pada tabel kategori penelitian. Penyeragaman istilah kategori dilakukan untuk menghindari ambiguitas interpretasi serta menjaga konsistensi antara metode, implementasi sistem, dan pelaporan hasil.

3.1.3. *Analysis*

Tahap *analysis* (analisis) merupakan fase interpretasi forensik terhadap hasil pemeriksaan untuk menghasilkan penilaian indikatif mengenai kewajaran dan keaslian foto produk secara terstruktur. Pada penelitian ini, analisis memanfaatkan dua jalur evidensi yang saling melengkapi, yaitu *metadata-based forensics* melalui status ketersediaan metadata EXIF dan *pixel-based forensics* melalui indikator *Brightness–Contrast*. Seluruh proses analisis diarahkan untuk menghasilkan keluaran yang konsisten, dapat

ditelusuri, serta dapat direplikasi pada seluruh sampel, baik pada kelompok citra asli maupun citra edit. Secara operasional, tahap analisis meliputi kegiatan berikut.

1. Standarisasi dan penyajian indikator, Hasil ekstraksi metadata EXIF dan perhitungan indikator *Brightness–Contrast* dinormalisasi ke dalam format yang seragam agar dapat dibandingkan secara konsisten. Status EXIF disajikan dalam kategori Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia berdasarkan jumlah tag fokus yang terisi. Sementara itu, hasil *Brightness–Contrast* disajikan dalam kategori BC-rendah, BC-sedang, atau BC-tinggi sesuai kriteria kategorisasi yang ditetapkan dalam penelitian.
2. Perumusan indikator dan penetapan aturan Keputusan, Penelitian ini menerapkan pendekatan *rule-based decision* sebagai mekanisme integrasi evidensi. Aturan keputusan dirumuskan untuk menjelaskan bagaimana kombinasi status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast* diterjemahkan menjadi keputusan akhir. Perumusan aturan dilakukan untuk menjaga transparansi (*explainability*) dan keterlacakan (*traceability*), sehingga setiap keluaran keputusan dapat dikaitkan kembali dengan indikator yang mendasarinya.
3. Integrasi evidensi dan penentuan keputusan
Setelah status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast* diperoleh, sistem menggabungkan keduanya berdasarkan tabel aturan keputusan. Proses integrasi menghasilkan label klasifikasi pada tiga kategori, yaitu Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau

Terindikasi Manipulasi. Kategori Meragukan diposisikan sebagai mekanisme kehati-hatian ketika evidensi metadata tidak memadai atau ketika indikator tonal tidak cukup kuat untuk mendukung kesimpulan yang tegas.

4. Penyusunan rekap hasil analisis, Seluruh keluaran analisis per berkas, termasuk identitas berkas, status EXIF, kategori Brightness–Contrast, keputusan akhir, dan alasan ringkas, dihimpun dalam bentuk rekap terstruktur. Rekap tersebut digunakan sebagai dasar pelaporan pada tahap reporting, sekaligus menjadi bahan untuk evaluasi dan pembahasan hasil pengujian pada bab berikutnya.

Dengan demikian, tahap analisis berperan sebagai penghubung antara data teknis hasil pemeriksaan dan keluaran sistem yang dapat dipahami serta dievaluasi secara sistematis. Integrasi dua jalur evidensi melalui aturan keputusan memastikan proses penilaian tidak bergantung pada interpretasi subjektif, melainkan berbasis indikator yang terukur dan terdokumentasi.

3.1.4. Reporting (Pelaporan)

Tahap *reporting* (pelaporan) merupakan fase penyusunan dan penyajian hasil pemeriksaan serta analisis secara sistematis agar temuan penelitian bersifat jelas, dapat ditelusuri, dan dapat dipertanggungjawabkan. Pada penelitian ini, pelaporan diimplementasikan melalui sistem berbasis website yang berfungsi sebagai media penyajian hasil analisis sekaligus sarana dokumentasi keluaran. Pelaporan tidak hanya menampilkan keputusan

akhir, tetapi juga menyertakan ringkasan indikator yang mendasari keputusan sehingga proses interpretasi tetap transparan dan dapat diuji ulang. Secara operasional, pelaporan pada sistem mencakup komponen berikut.

a. Penyajian identitas berkas

Sistem menampilkan identitas berkas yang dianalisis sebagai dokumentasi objek pemeriksaan, meliputi nama berkas, format, ukuran, dan dimensi citra. Informasi ini digunakan untuk memastikan keterkaitan antara keluaran analisis dan berkas sumber, khususnya pada pemrosesan batch.

b. Pelaporan hasil metadata EXIF

Sistem menyajikan hasil ekstraksi metadata EXIF sesuai tag fokus penelitian, termasuk status ketersediaannya (Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia). Selain status, sistem juga menampilkan ringkasan tag yang terbaca untuk memberikan konteks mengenai kekuatan evidensi pada jalur metadata. Penyajian ini dimaksudkan untuk mendukung keterlacakan dan mengurangi ambiguitas interpretasi ketika metadata tidak lengkap.

c. Pelaporan indikator *Brightness–Contrast*

Pada jalur piksel, sistem menampilkan nilai indikator *Brightness (mean)* dan *Contrast (standard deviation)* pada skala 0–255, disertai kategori *Brightness–Contrast* (BC-rendah, BC-sedang, atau BC-tinggi). Penyajian indikator numerik dan kategori dilakukan agar pengguna dapat

memahami karakter tonal citra secara ringkas sekaligus konsisten antar sampel.

d. Penyajian keputusan dan alasan ringkas

Berdasarkan integrasi status EXIF dan kategori *Brightness-Contrast* melalui aturan keputusan, sistem menghasilkan label klasifikasi Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi. Keputusan disertai alasan ringkas yang menjelaskan dasar penetapan label, sehingga keluaran bersifat *explainable* dan dapat ditelusuri kembali pada indikator yang digunakan.

Dengan mekanisme pelaporan tersebut, keluaran penelitian tidak hanya menampilkan hasil akhir, tetapi juga menyediakan informasi pendukung yang memungkinkan proses analisis bersifat transparan, terdokumentasi, dan replikatif sesuai prinsip forensik digital

3.2. Analisis Permasalahan

analisis permasalahan penelitian di lakukan secara terstruktur dengan menempatkan isu ketidak autentikan foto produk pada platform Shopee sebagai fokus kajian, beserta dampaknya terhadap proses verifikasi keaslian. Uraian disusun untuk menelusuri akar permasalahan berdasarkan perspektif bukti digital, menetapkan ruang lingkup serta asumsi agar pembahasan tetap terarah, dan merumuskan spesifikasi masalah dalam kerangka *input-proses-output* sebagai landasan penyusunan metode serta perancangan prototipe sistem pada subbab berikutnya.

3.2.1. Permasalahan yang Ditemukan

Foto produk berperan sebagai sumber informasi visual dominan yang memengaruhi pembentukan persepsi konsumen dalam transaksi pada platform *e-commerce*. Akan tetapi, pada praktiknya khususnya di Shopee foto produk yang diunggah penjual tidak selalu menunjukkan kondisi visual sebagaimana adanya. Salah satu faktor penyebabnya ialah penyesuaian *brightness-contrast* yang memodifikasi karakter tonal citra, mencakup perubahan tingkat terang-gelap serta penegasan perbedaan tonal. Modifikasi tersebut dapat menghasilkan tampilan yang lebih atraktif dibandingkan kondisi asli, sehingga memunculkan isu terkait kewajaran dan keaslian foto sebagai dasar informasi dalam pengambilan keputusan pembelian.

Berkas foto digital umumnya menyertakan metadata EXIF yang merekam informasi proses pembuatan citra, seperti waktu pengambilan, serta parameter pemotretan. Namun, dalam lingkungan platform digital, metadata EXIF tidak selalu dipertahankan secara utuh karena tahapan unggah, kompresi, maupun pemrosesan ulang oleh sistem dapat menyebabkan data tersebut menjadi Sebagian atau tidak tersedia. Situasi ini mengakibatkan verifikasi keaslian yang bertumpu pada metadata semata tidak dapat diterapkan secara konsisten pada seluruh sampel. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme analisis yang tetap dapat dijalankan ketika metadata terbatas dan sekaligus menekan subjektivitas inspeksi visual manual melalui dukungan sistem yang mengintegrasikan bukti EXIF dengan bukti tingkat piksel terkait *brightness-contrast* secara terukur dan dapat direplikasi.

Dampak ketidak autentikan foto produk pada platform *e-commerce* berpotensi menimbulkan misrepresentasi informasi visual, sehingga karakteristik produk yang dipersepsikan konsumen seperti warna, tekstur, detail bahan, dan kondisi pencahayaan tidak merefleksikan keadaan yang sebenarnya. Dampak lanjutan dari kondisi tersebut ialah menurunnya kepercayaan terhadap reliabilitas informasi visual yang disajikan, baik oleh penjual maupun oleh platform, karena foto tidak lagi dipandang sebagai representasi yang kredibel. Ketidaksesuaian antara ekspektasi yang dibangun melalui foto dan kondisi produk setelah diterima juga dapat meningkatkan risiko keluhan, permintaan pengembalian, serta perselisihan dalam transaksi. Selain itu, dari aspek pemeriksaan teknis, proses verifikasi menjadi lebih menantang akibat metadata EXIF yang kerap berkurang, berubah, atau hanya terbaca sebagian sebagai konsekuensi dari proses unggah, kompresi, dan pemrosesan ulang berkas.

3.2.2. Analisis Akar Masalah

Permasalahan verifikasi keaslian foto produk pada platform *e-commerce* dapat ditelusuri melalui dua kategori utama bukti digital, yakni evidensi pada level berkas dan evidensi pada level piksel. Kerangka ini digunakan karena indikasi ketidak autentikan pada foto produk tidak selalu muncul pada satu sisi saja,.

1. Metadata-Based Forensics

Metadata EXIF menyediakan informasi teknis yang dapat mendukung penelusuran asal-usul berkas, misalnya waktu pembuatan, perangkat, serta software yang terlibat. Namun, pada

konteks *e-commerce*, metadata berisiko hilang akibat optimasi sistem platform, termasuk kompresi dan rekode (*re-encoding*) saat unggah dan unduh. Oleh sebab itu, ketiadaan EXIF diposisikan sebagai keterbatasan evidensi pada jalur metadata dan tidak dijadikan dasar tunggal untuk menyimpulkan adanya manipulasi. Dengan demikian, diperlukan mekanisme yang tetap dapat memberikan keluaran analisis meskipun metadata tidak tersedia atau hanya terbaca sebagian.

2. *Pixel-Based Forensics*

Penyesuaian *Brightness–Contrast* dapat mengubah distribusi intensitas piksel secara global sehingga karakter tonal citra bergeser ke arah lebih terang, lebih gelap, atau lebih kontras. Perubahan ini tidak selalu meninggalkan jejak yang jelas pada metadata, sehingga pemeriksaan pada tingkat piksel menjadi relevan sebagai jalur evidensi yang bersifat komplementer. Selain itu, inspeksi visual manual cenderung subjektif dan sukar direplikasi, sehingga diperlukan indikator komputasional yang dihitung secara konsisten, misalnya nilai *Brightness* (rata-rata intensitas), *Contrast* (sebaran intensitas), serta indikasi intensitas ekstrem yang dapat berdampak pada hilangnya detail pada area gelap maupun terang.

Berdasarkan dua lapisan evidensi tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan integratif: metadata EXIF dimanfaatkan sebagai informasi pendukung ketika tersedia, sedangkan indikator berbasis *Brightness–Contrast* digunakan untuk menilai karakter

tonal pada tingkat piksel secara terukur. Integrasi kedua jalur evidensi melalui aturan keputusan (*rule-based decision*) diharapkan menghasilkan penilaian yang lebih sistematis, transparan, dan dapat ditelusuri dibandingkan pemeriksaan visual manual semata.

3.2.3. Kebutuhan Sistem

Berdasarkan analisis permasalahan, penelitian ini memerlukan suatu sistem yang mampu mendukung proses pemeriksaan foto produk secara terstandar, konsisten, serta terdokumentasi dengan baik. Sistem dirancang untuk mengurangi ketergantungan pada inspeksi visual manual yang bersifat subjektif, dengan menyediakan mekanisme analisis berbasis indikator yang terukur dan dapat direplikasi. Kebutuhan sistem dalam penelitian ini meliputi kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional sebagai berikut.

1) Kebutuhan Fungsional

1. Pengelolaan input citra (unggah tunggal dan batch)

Sistem harus menyediakan fasilitas unggah citra dalam format JPG/JPEG/PNG, baik untuk satu berkas maupun beberapa berkas sekaligus (maksimal 10 foto). Pada proses input, sistem wajib menampilkan identitas berkas yang dianalisis, meliputi nama file, format, ukuran berkas, serta dimensi citra sebagai bagian dari dokumentasi objek pemeriksaan.

2. Validasi berkas dan kontrol kualitas data

Sistem harus melakukan pemeriksaan awal terhadap setiap berkas untuk memastikan kesesuaian format dan keterbacaan file. Berkas

yang tidak valid (format tidak sesuai, tidak dapat dibuka, *corrupt*, atau terdeteksi duplikat pada pemrosesan batch) harus ditandai, dicatat, dan tidak dilanjutkan ke tahap analisis agar integritas proses tetap terjaga.

3. **Ekstraksi metadata EXIF secara non-destruktif**

Sistem harus melaksanakan ekstraksi metadata EXIF menggunakan ExifTool dalam mode baca saja (*read-only*) sehingga tidak terjadi perubahan pada berkas sumber. Ekstraksi dibatasi pada tag fokus penelitian, kemudian sistem menghitung keterisian tag untuk menetapkan status metadata ke dalam kategori Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia sebagai indikator kekuatan evidensi pada jalur metadata.

4. **Perhitungan indikator *Brightness–Contrast* berbasis piksel**

Sistem harus menghitung indikator *Brightness* dan *Contrast* secara otomatis pada citra kerja (grayscale 8-bit 0–255) untuk merepresentasikan kondisi tonal citra secara terukur. Hasil perhitungan disajikan sebagai nilai numerik dan kategori *Brightness–Contrast* (BC-rendah/BC-sedang/BC-tinggi) agar interpretasi dapat dilakukan secara konsisten antar sampel.

5. **Integrasi evidensi dan pengambilan keputusan berbasis aturan**

Sistem harus menerapkan mekanisme pengambilan keputusan berbasis aturan (*rule-based decision*) yang menggabungkan status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast*. Keluaran keputusan diklasifikasikan dalam tiga label, yaitu Tidak Terindikasi

Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, serta disertai alasan ringkas yang menjelaskan dasar keputusan agar keluaran bersifat transparan dan dapat ditelusuri (*traceable*).

6. **Penyajian hasil analisis dan detail pendukung**

Sistem harus menampilkan hasil analisis pada antarmuka dalam bentuk tabel yang mudah dibaca untuk setiap berkas, mencakup ringkasan metadata EXIF, indikator *Brightness-Contrast*, keputusan, dan alasan. Selain ringkasan, sistem perlu menyediakan detail metadata EXIF yang terbaca dalam format yang ringkas dan terstruktur agar tidak menyulitkan pembacaan pengguna.

7. **Rekapitulasi, ekspor, dan visualisasi hasil**

Sistem harus menyimpan hasil analisis dalam rekap terstruktur (format CSV) untuk mendukung dokumentasi dan evaluasi penelitian, serta menyediakan fitur unduh (*download*) terhadap rekap tersebut. Sistem juga perlu menampilkan visualisasi ringkas (misalnya diagram donut untuk distribusi keputusan dan status EXIF, serta diagram batang untuk nilai rata-rata *Brightness/Contrast* guna mempermudah pembacaan ringkasan hasil analisis pada kumpulan data yang diuji.

2) **Kebutuhan Non-Fungsional**

1. **Konsistensi dan replikabilitas**

Perhitungan indikator dan penetapan keputusan harus menghasilkan keluaran yang konsisten untuk input yang sama. Seluruh proses

harus terdokumentasi sehingga dapat direplikasi pada pengujian ulang.

2. Non-destruktif dan keterlacakan

Sistem tidak boleh mengubah berkas asli selama proses berlangsung. Setiap keluaran analisis harus dapat ditelusuri kembali ke berkas sumber melalui identitas file, waktu analisis, serta ringkasan indikator yang digunakan.

3. Keandalan pada kondisi data bervariasi

Sistem harus tetap dapat menghasilkan keluaran ketika metadata EXIF sebagian atau tidak tersedia, dengan menerapkan prinsip kehati-hatian melalui label “Meragukan” apabila evidensi dianggap tidak memadai.

4. Kemudahan penggunaan (*usability*)

Antarmuka sistem harus ringkas dan berorientasi tugas: unggah, analisis, lihat hasil, lihat diagram, unduh rekap. Penyajian hasil harus menghindari tampilan yang terlalu teknis tanpa penjelasan, sehingga dapat dipahami dengan cepat oleh pengguna non-teknis.

5. Efisiensi waktu pemrosesan

Sistem diharapkan dapat memproses berkas secara efisien untuk mendukung demonstrasi dan pengujian, khususnya pada pemrosesan batch maksimal 10 citra.

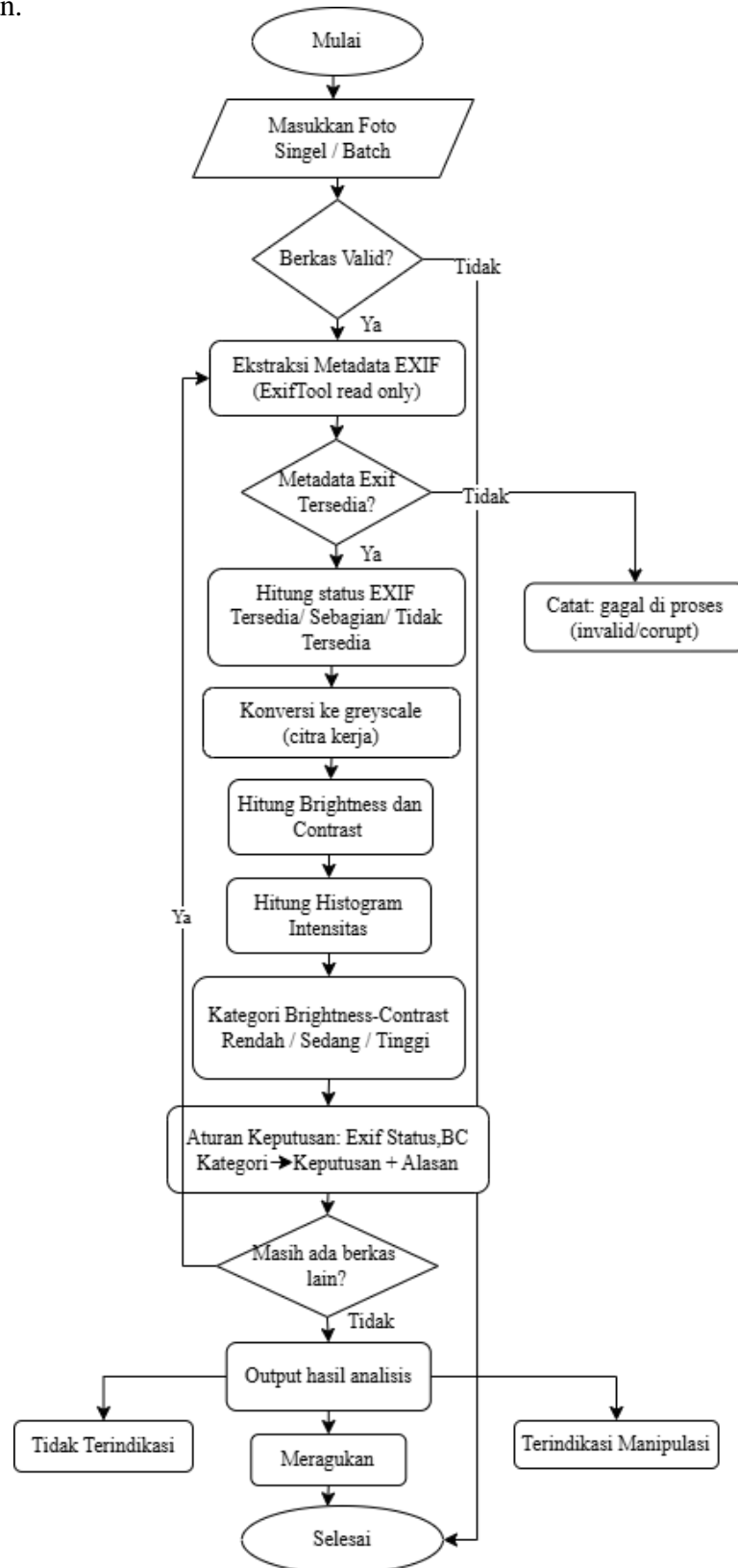
3.3. Algoritma Sistem

Subbab ini menjelaskan algoritma yang digunakan untuk menganalisis indikasi keaslian dan kewajaran foto produk *e-commerce*. Algoritma dirancang dengan memanfaatkan dua jalur evidensi, yakni *metadata-based forensics* sebagai bukti pada tingkat berkas melalui metadata EXIF dan *pixel-based forensics* sebagai bukti pada tingkat piksel melalui indikator *Brightness–Contrast*. Seluruh rangkaian proses menerapkan prinsip non-destruktif, sehingga berkas citra asli tidak dimodifikasi selama pemeriksaan berlangsung. Algoritma dibatasi pada tahapan validasi berkas, ekstraksi evidensi, pengolahan indikator, integrasi evidensi, dan pengambilan keputusan berbasis aturan, tanpa memasukkan teknik forensik citra lain di luar ruang lingkup penelitian. Keluaran akhir berupa klasifikasi Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, disertai ringkasan indikator sebagai dasar keterlacakan keputusan (*traceability*).

3.3.1. Alur Proses Analisis System

Algoritma sistem disusun dalam bentuk *pipeline* agar proses analisis konsisten untuk setiap berkas yang diuji, baik pada mode tunggal maupun pemrosesan berkelompok (*batch*). Proses dimulai dari pemilihan berkas citra, dilanjutkan pemeriksaan awal untuk memastikan berkas memenuhi batasan penelitian, kemudian dilakukan ekstraksi metadata EXIF dan perhitungan indikator *Brightness–Contrast* pada jalur piksel. Hasil dari kedua jalur evidensi dinormalisasi ke dalam kategori yang seragam agar dapat digabungkan secara konsisten. Selanjutnya, sistem menerapkan aturan keputusan (*rule-based decision*) untuk menghasilkan label klasifikasi dan alasan ringkas. Pada tahap akhir, hasil ditampilkan pada antarmuka sistem dan

disimpan dalam rekap terstruktur untuk mendukung dokumentasi dan pengujian.



Gambar 3.1 Diagram Alur Proses Analisis

a. Langkah Operasional Analisis per Berkas

Untuk memperjelas logika proses, langkah operasional algoritma analisis pada setiap berkas citra dirumuskan sebagai berikut:

1. Masukan berkas citra, Sistem menerima berkas citra dalam format JPG/JPEG/PNG melalui mode tunggal maupun *batch*.
2. Validasi berkas dan dokumentasi atribut dasar, Sistem memeriksa kesesuaian format, keterbacaan berkas, serta mencatat atribut dasar (nama file, ukuran, dan dimensi). Berkas yang tidak valid, *corrupt*, atau terindikasi duplikat pada pemrosesan batch ditandai, dicatat, dan tidak dilanjutkan ke tahap berikutnya.
3. Ekstraksi metadata EXIF (*read-only*), Sistem memanggil ExifTool pada mode baca saja untuk mengekstraksi tag fokus penelitian. Hasil ekstraksi disimpan secara terstruktur untuk mendukung pelaporan.
4. Penetapan status ketersediaan EXIF (definisi operasional), Status EXIF ditentukan berdasarkan jumlah tag fokus yang terisi,
5. Konversi citra ke *grayscale* sebagai citra kerja, Citra dikonversi ke *grayscale* 8-bit (0–255) untuk perhitungan indikator tonal, tanpa menggantikan atau mengubah berkas asli.
6. Perhitungan indikator *Brightness* dan *Contrast*
Sistem menghitung *Brightness* sebagai rata-rata intensitas piksel (*mean*), *Contrast* sebagai sebaran intensitas piksel (*standard deviation*). Kedua indikator digunakan sebagai ringkasan karakter tonal citra.

7. Perhitungan indikator piksel ekstrem (clipping), Sistem menghitung histogram intensitas $h(g)$ pada grayscale dan jumlah piksel total N Untuk mendeteksi dominasi intensitas ekstrem.
8. Kategorisasi *brightness-contrast* berdasarkan nilai piksel yang paling dominan ekstrem.
9. Integrasi evidensi dan pengambilan keputusan berbasis aturan Sistem menggabungkan status EXIF dan kategori *Brightness-Contrast* menggunakan tabel aturan keputusan menghasilkan label akhir: Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, beserta alasan ringkas yang menjelaskan dasar keputusan.
10. Pelaporan dan penyimpanan rekap, Sistem menampilkan ringkasan hasil per berkas melalui antarmuka dan menyimpan rekap hasil analisis untuk mendukung dokumentasi, keterlacakan, serta pengujian dan evaluasi pada bab berikutnya.

3.3.1. Mekanisme Kerja Algoritma Analisis Sistem

Mekanisme kerja algoritma dimulai dari validasi berkas hingga terbentuknya keluaran klasifikasi yang dapat ditelusuri. Dua jalur evidensi diproses secara paralel: jalur metadata menghasilkan status ketersediaan EXIF, sedangkan jalur piksel menghasilkan ringkasan *Brightness-Contrast* dan kategorinya. Kedua evidensi kemudian diintegrasikan melalui aturan keputusan berbasis *rule-based* sehingga hasil bersifat konsisten dan transparan. Dengan rancangan ini, sistem tetap mampu menghasilkan keluaran meskipun metadata EXIF bersifat sebagian atau tidak tersedia,

melalui penerapan label “Meragukan” sebagai bentuk kehati-hatian ketika evidensi tidak memadai.

1) Spesifikasi Masukan (*Input*)

Masukan sistem pada penelitian ini berupa berkas citra foto produk pakaian yang diperoleh melalui pengunduhan dari halaman produk pada platform Shopee. Sistem menerima berkas dalam format JPG/JPEG/PNG dan mendukung dua mode pemrosesan, yaitu pemrosesan tunggal (satu berkas) serta pemrosesan batch (beberapa berkas sekaligus) dengan batas maksimal 10 berkas per proses unggah. Setiap berkas yang diunggah akan melalui tahap validasi awal untuk memastikan kesesuaian format dan keterbacaan file. Selain itu, sistem mendokumentasikan atribut dasar berkas sebagai identitas objek pemeriksaan, meliputi nama file, ukuran berkas, dan dimensi citra. Berkas yang tidak memenuhi kriteria (format tidak sesuai, tidak dapat dibaca, *corrupt*, atau terindikasi duplikat pada pemrosesan batch) dikeluarkan dari alur analisis dan dicatat sebagai informasi kontrol kualitas.

2) Spesifikasi Keluaran (*Output*)

sistem Keluaran sistem merupakan hasil analisis terstruktur yang disusun berdasarkan dua jalur evidensi, yaitu metadata EXIF dan indikator *Brightness-Contrast* pada tingkat piksel. Secara umum, keluaran sistem mencakup komponen berikut:

- a. Identitas berkas, Sistem menampilkan identitas objek pemeriksaan, meliputi nama file, format, ukuran berkas, serta dimensi citra untuk memastikan keterkaitan antara hasil analisis dan berkas sumber.
- b. Ringkasan metadata EXIF, Sistem mengekstraksi metadata EXIF menggunakan ExifTool dalam mode baca saja (*read-only*) pada tag fokus penelitian. Hasil ekstraksi disajikan dalam ringkasan berupa daftar tag yang terbaca serta status ketersediaan metadata, yaitu Tersedia, Sebagian, atau Tidak Tersedia berdasarkan jumlah tag fokus yang terisi.
- c. Ringkasan indikator *Brightness-Contrast*, Pada jalur piksel, sistem menghitung indikator *Brightness (mean intensitas)*, *Contrast (standard deviation)*, serta indikator piksel ekstrem (*shadow/highlight clipping*) untuk memperoleh nilai dominan *C*. Selanjutnya sistem menetapkan kategori *Brightness-Contrast* dalam tiga tingkat, yaitu BC-rendah, BC-sedang, dan BC-tinggi, sesuai kriteria kategorisasi yang telah ditetapkan.
- d. Keputusan klasifikasi dan alasan ringkas, Sistem menghasilkan keputusan akhir menggunakan aturan keputusan (*rule-based decision*) berdasarkan kombinasi status EXIF dan kategori *Brightness-Contrast*. Keputusan diklasifikasikan menjadi Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, disertai alasan ringkas sebagai penjelasan dasar keputusan agar keluaran bersifat transparan dan dapat ditelusuri (*traceable*).

- e. Rekap hasil analisis dan visualisasi ringkas, Seluruh hasil analisis disimpan dalam bentuk rekap terstruktur (format CSV) untuk mendukung dokumentasi dan pengujian. Sistem menyediakan fitur unduh rekap hasil analisis, serta menampilkan visualisasi ringkas (diagram) untuk merangkum distribusi status EXIF dan keputusan klasifikasi pada sekumpulan berkas yang diproses.

Dengan spesifikasi tersebut, sistem tidak hanya menyajikan label keputusan, tetapi juga menyediakan indikator pendukung yang memungkinkan proses evaluasi dilakukan secara terukur, konsisten, dan dapat direplikasi pada data uji yang digunakan.

A. Tahapan Proses Analisis Berkas

Tahapan proses analisis berkas pada sistem dirancang untuk memastikan pemeriksaan berjalan terstandar, dapat direplikasi, serta memenuhi prinsip non-destruktif (berkas citra asli tidak dimodifikasi). Proses analisis dapat dilakukan dalam mode tunggal maupun batch, dengan mekanisme kerja yang sama untuk setiap berkas sehingga hasil antar sampel dapat dibandingkan secara konsisten. Secara operasional, tahapan analisis berkas meliputi langkah-langkah berikut.

1. Validasi Berkas Dan Dokumentasi Atribut Dasar

Pada tahap awal, sistem melakukan pemeriksaan terhadap berkas yang diunggah untuk memastikan kesesuaian dengan batasan penelitian. Pemeriksaan mencakup verifikasi format (hanya menerima JPG/JPEG/PNG), pengecekan keterbacaan berkas (dapat dibuka dan

diproses tanpa error), serta pendokumentasian atribut dasar sebagai identitas objek pemeriksaan, meliputi nama file, ukuran berkas, dan dimensi citra. Apabila berkas tidak valid, rusak (*corrupt*), atau terindikasi duplikat pada pemrosesan batch, sistem mengecualikan berkas tersebut dari proses analisis lanjutan dan mencatatnya sebagai informasi kontrol kualitas.

2. Ekstraksi Metadata Exif Mode *Read-Only*

Setelah berkas dinyatakan valid, sistem mengekstraksi metadata EXIF menggunakan ExifTool pada mode baca saja (*read-only*) untuk menjaga integritas berkas. Ekstraksi dibatasi pada tag fokus penelitian, seperti *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate*, *Make/Model*, *Software*, *ExposureTime*, *ISO*, *FNumber*, *Resolution*, dan *Orientation*. Hasil ekstraksi disimpan dalam format terstruktur agar dapat digunakan pada tahap analisis dan pelaporan.

3. Penetapan Status Ketersediaan EXIF

Berdasarkan hasil ekstraksi, sistem menetapkan status ketersediaan metadata EXIF secara operasional melalui jumlah tag fokus yang terisi. Status ditetapkan ke dalam tiga kategori, yaitu EXIF Tersedia, EXIF Sebagian, dan EXIF Tidak Tersedia. Penetapan status ini digunakan sebagai indikator kekuatan evidensi pada jalur metadata, sekaligus menjadi masukan bagi aturan keputusan pada tahap integrasi evidensi.

4. Persiapan Citra Kerja untuk Analisis *Brightness–Contrast*

Pada jalur piksel, sistem membentuk citra kerja dengan mengonversi citra masukan ke *grayscale* 8-bit (0–255). Citra kerja digunakan untuk perhitungan indikator *Brightness–Contrast*, sedangkan berkas asli tetap dipertahankan tanpa perubahan. Tahap ini bertujuan memastikan perhitungan indikator dilakukan pada representasi luminansi yang seragam sehingga dapat dibandingkan antar sampel.

5. Perhitungan Indikator *Brightness dan Contrast*

Sistem menghitung indikator *Brightness* sebagai rata-rata intensitas piksel (*mean*) dan indikator *Contrast* sebagai sebaran intensitas (*standard deviation*) pada citra *grayscale*. Kedua indikator tersebut digunakan untuk merangkum karakter tonal citra secara global, sehingga kecenderungan citra terlalu terang, terlalu gelap, atau memiliki sebaran intensitas yang sempit/lebar dapat diidentifikasi secara terukur.

6. Perhitungan Indikator Piksel Ekstrem (*Clipping*)

Untuk melengkapi indikator *Brightness–Contrast*, sistem menghitung indikator piksel ekstrem (*clipping*) melalui histogram intensitas citra *grayscale*. Perhitungan dilakukan pada dua sisi ekstrem, yaitu *shadow clipping* (piksel yang berada pada rentang intensitas sangat gelap) dan *highlight clipping* (piksel yang berada pada rentang intensitas sangat terang). Nilai dominan C ditetapkan sebagai nilai maksimum antara *shadow clipping* dan *highlight clipping*. Indikator ini digunakan untuk menangkap kondisi tonal ekstrem yang berpotensi menyebabkan hilangnya detail pada area gelap atau terang.

7. Kategorisasi *Brightness–Contrast*

Berdasarkan nilai C , sistem menetapkan kategori *Brightness–Contrast* ke dalam tiga tingkat, yaitu BC-rendah, BC-sedang, dan BC-tinggi sesuai ambang yang ditetapkan dalam penelitian. Kategorisasi ini digunakan untuk menyederhanakan interpretasi indikator piksel agar dapat dipadukan secara konsisten dengan status EXIF pada tahap pengambilan keputusan.

8. Penyajian Hasil dan Penyimpanan Rekap

Pada tahap akhir, sistem menampilkan hasil analisis pada antarmuka website dalam bentuk ringkasan per berkas yang memuat identitas file, ringkasan metadata EXIF, indikator *Brightness–Contrast*, keputusan, dan alasan. Seluruh keluaran analisis juga disimpan dalam rekap terstruktur (format CSV) untuk mendukung dokumentasi, evaluasi pengujian, serta pelaporan hasil penelitian.

9. Integrasi Evidensi dan Penetapan Keputusan (*Rule-based*)

Sistem menggabungkan dua jalur evidensi, yaitu status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast*, menggunakan aturan keputusan berbasis tabel (*rule-based decision table*). Integrasi tersebut menghasilkan klasifikasi akhir dalam tiga kategori, yaitu Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi, disertai alasan ringkas sebagai dasar keterlacakan keputusan.

3.3.2. Kriteria dan Proses Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan pada sistem bertujuan untuk mengklasifikasikan foto produk ke dalam kategori Tidak Terindikasi

Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi secara konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan. Sistem menerapkan pendekatan berbasis aturan (*rule-based decision*) sehingga hasil tidak bergantung pada interpretasi subjektif pengguna. Keputusan ditetapkan melalui integrasi dua jalur evidensi, yaitu evidensi tingkat berkas (metadata EXIF) dan evidensi tingkat piksel (indikator *Brightness–Contrast*).

A. Kriteria Evidensi Tingkat Berkas (Metadata EXIF)

Ekstraksi metadata EXIF dilakukan menggunakan ExifTool dalam mode baca saja (*read-only*) untuk menjaga prinsip non-destruktif. Ekstraksi dibatasi pada tag fokus penelitian, antara lain *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate*, *Make/Model*, *Software*, *ExposureTime*, *ISO*, *FNumber*, *Resolution*, dan *Orientation*. Hasil ekstraksi disimpan dalam format terstruktur sebagai dasar pelaporan dan keterlacakan.

Status ketersediaan EXIF ditetapkan secara operasional berdasarkan jumlah tag fokus yang berhasil terbaca/terisi, yaitu:

- 1) EXIF Tersedia, apabila jumlah tag fokus terisi ≥ 8 ;
- 2) EXIF Sebagian, apabila jumlah tag fokus terisi 1–7;
- 3) EXIF Tidak Tersedia, apabila jumlah tag fokus terisi 0.

Kategorisasi tersebut digunakan untuk merepresentasikan kekuatan evidensi pada jalur metadata serta menjadi input bagi proses integrasi keputusan.

B. Definisi dan Perhitungan Indikator *Brightness–Contrast*

Pada jalur evidensi tingkat piksel, sistem menganalisis citra dalam representasi *grayscale* 8-bit dengan rentang intensitas 0–255. Pengolahan dilakukan secara non-destruktif, yakni sistem menghitung indikator dari

citra kerja tanpa memodifikasi berkas asli. Indikator utama yang digunakan adalah *Brightness* dan *Contrast*, sedangkan indikator *clipping* digunakan sebagai pendukung untuk mendeteksi dominasi intensitas ekstrem pada bayangan maupun sorotan.

1) *Brightness* (Rata-rata Intensitas)

Brightness merepresentasikan tingkat kecerahan global citra dan dihitung sebagai rata-rata intensitas piksel pada citra *grayscale*. Untuk citra I berukuran $M \times N$, *brightness* didefinisikan sebagai:

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I(i, j) \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan keterangan

μ = nilai *brightness* (rata-rata intensitas)

$I(i, j)$ = intensitas piksel pada koordinat (i, j) , dengan rentang 0–255

M = jumlah baris (tinggi citra dalam piksel)

N = jumlah kolom (lebar citra dalam piksel)

MN = jumlah total piksel pada citra

2) *Contrast* (Sebaran Intensitas)

Contrast merepresentasikan tingkat variasi intensitas terhadap rata-rata dan dihitung menggunakan simpangan baku intensitas piksel

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - \mu)^2 \dots\dots\dots (3.2)}$$

dengan keterangan:

σ = nilai *contrast* (simpangan baku intensitas)

$I(i, j)$ = intensitas piksel pada koordinat (i, j)

μ = rata-rata intensitas (*brightness*)

M = jumlah baris piksel, N = jumlah kolom piksel, MN = jumlah total piksel

3) Indikator Pendukung (Piksel Ekstrem)

Sebagai indikator pendukung, sistem menghitung *clipping*, yaitu persentase piksel yang berada pada rentang intensitas ekstrem bawah (*shadow*) atau ekstrem atas (*highlight*). Perhitungan dilakukan melalui histogram intensitas $h(g)$ pada citra *grayscale* dengan jumlah piksel total MN . *Shadow clipping* dan *highlight clipping* didefinisikan sebagai:

$$c_{low} = \frac{1}{MN} \sum_{g=0}^{\tau_{low}} h(g) \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

$$c_{high} = \frac{1}{MN} \sum_{g=255-\tau_{high}}^{255} h(g) \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Untuk menjaga konsistensi implementasi, penelitian menetapkan $\tau_{low} = 5$ dan $\tau_{high} = 5$. Nilai *clipping* dominan ditetapkan sebagai $C = \max(c_{low}, c_{high})$

dengan keterangan:

$h(g)$ = jumlah piksel pada intensitas ke- g pada histogram *grayscale*

g = tingkat intensitas piksel (0–255)

τ_{low} = batas intensitas ekstrem bawah (pada penelitian ini = 5)

τ_{high} = batas intensitas ekstrem atas (pada penelitian ini = 5)

c_{low} = persentase piksel pada rentang ekstrem bawah (*shadow clipping*)

c_{high} = persentase piksel pada rentang ekstrem atas (*highlight clipping*)

C = nilai *clipping* dominan yang mewakili ekstrem tonal terbesar

MN = jumlah total piksel

Tabel 3.1 Kategori Indikator *Brightness-Contrast*

Kategori	Kriteria nilai C
BC-Rendah	$C \leq 0,5\%$
BC-Sedang	$0,5\% < C \leq 10\%$
BC-Tinggi	$C > 10\%$

Ambang 0,5% digunakan untuk menandai clipping sangat kecil sehingga tidak dianggap dominan, sehingga secara operasional diperlakukan sebagai kondisi tonal yang relatif wajar. Ambang 10% digunakan untuk menandai clipping dominan karena proporsi piksel ekstrem sudah cukup besar dan berpotensi mengurangi detail pada area gelap/terang. Kedua ambang ini diperlakukan sebagai definisi operasional dan dievaluasi konsistensinya melalui pengujian pada dataset penelitian. BC-rendah menunjukkan clipping yang sangat kecil sehingga detail tonal umumnya masih terjaga. BC-sedang menggambarkan clipping yang mulai tampak namun belum dominan. BC-Tinggi menandakan clipping tinggi dan dominan, yang merefleksikan kondisi tonal ekstrem serta berpotensi mengurangi detail citra.

C. Validasi Silang dan Prioritas Evidensi

Pengambilan keputusan pada penelitian ini dilakukan melalui validasi silang dua jalur evidensi, yaitu status metadata EXIF sebagai evidensi tingkat berkas dan indikator *Brightness-Contrast* sebagai evidensi tingkat piksel. Integrasi diterapkan menggunakan pendekatan *rule-based* agar keputusan bersifat konsisten, transparan, dan dapat ditelusuri kembali.

Dalam konteks platform *e-commerce*, metadata EXIF dapat menjadi sebagian atau hilang akibat proses unggah unduh, kompresi, atau pemrosesan ulang oleh platform. Oleh karena itu, kondisi EXIF Sebagian dan EXIF Tidak Tersedia diperlakukan sebagai keterbatasan evidensi pada jalur metadata, sehingga sistem menerapkan prinsip kehati-hatian dengan menurunkan tingkat keyakinan keputusan menjadi Meragukan ketika dukungan metadata tidak memadai meskipun indikator *Brightness–Contrast* tidak menunjukkan kondisi ekstrem.

Sebaliknya, apabila indikator *Brightness–Contrast* menunjukkan kondisi ekstrem (BC-tinggi), evidensi pada tingkat piksel diprioritaskan karena mengindikasikan perubahan tonal yang dominan. Dengan mekanisme ini, sistem memanfaatkan kedua evidensi secara saling melengkapi: EXIF memperkuat konteks teknis ketika tersedia, sedangkan *Brightness–Contrast* memastikan analisis tetap berjalan dan terukur pada kondisi metadata terbatas.

D. Aturan Keputusan (Rule Table EXIF \times *Brightness–Contrast*)

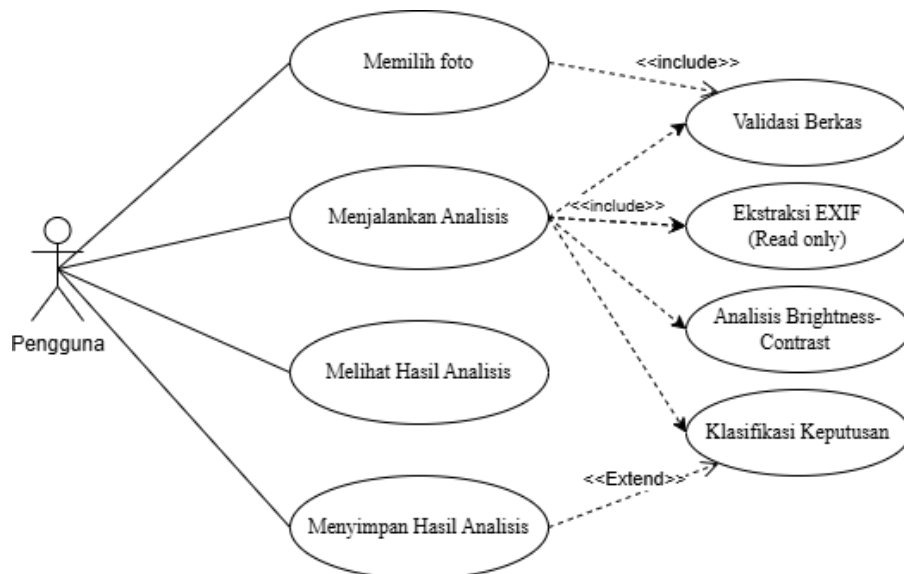
Tabel 3.2 Aturan Keputusan Berdasarkan Kombinasi Status EXIF dan Kategori *Brightness–Contrast*

Status EXIF	BC-rendah	BC-sedang	BC-tinggi
Tersedia	Tidak Terindikasi Manipulasi (metadata memadai, <i>brightness-contrast</i> rendah)	Tidak Terindikasi Manipulasi (metadata memadai, <i>brightness-contrast</i> sedang)	Terindikasi Manipulasi (<i>brightness-contrast</i> tinggi/ ekstrem)
Sebagian	Meragukan (dukungan metadata terbatas)	Meragukan (dukungan metadata terbatas)	Terindikasi Manipulasi (indikator <i>brightness-contrast</i> tinggi)
Tidak Tersedia	Meragukan (tanpa penguat metadata)	Meragukan (tanpa penguat metadata)	Terindikasi Manipulasi (<i>brightness-contrast</i> tinggi, metadata tidak tersedia)

3.4. Pemodelan dan Perancangan sistem

Pemodelan dan perancangan sistem dalam penelitian ini dibuat untuk menggambarkan kebutuhan fungsional, alur proses, serta bagaimana komponen sistem berinteraksi dalam menganalisis keaslian foto produk *e-commerce*. Pemodelan dilakukan menggunakan *Unified Modeling Language (UML)* karena kemampuannya dalam merepresentasikan fungsi dan perilaku sistem secara terstruktur dan mudah dipahami. Lingkup pemodelan hanya mencakup sistem berbasis website untuk menganalisis foto, yang mendukung pemrosesan foto tunggal maupun dalam batch. Dua jalur utama yang digunakan dalam pemodelan adalah ekstraksi metadata EXIF melalui ExifTool dalam mode baca saja serta analisis kontras dan kecerahan berbasis indikator citra. Hasil pemodelan ini digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan sistem dan sebagai dasar untuk menunjukkan bahwa keluaran yang dihasilkan berasal dari prosedur yang konsisten serta dapat direplikasi lagi.

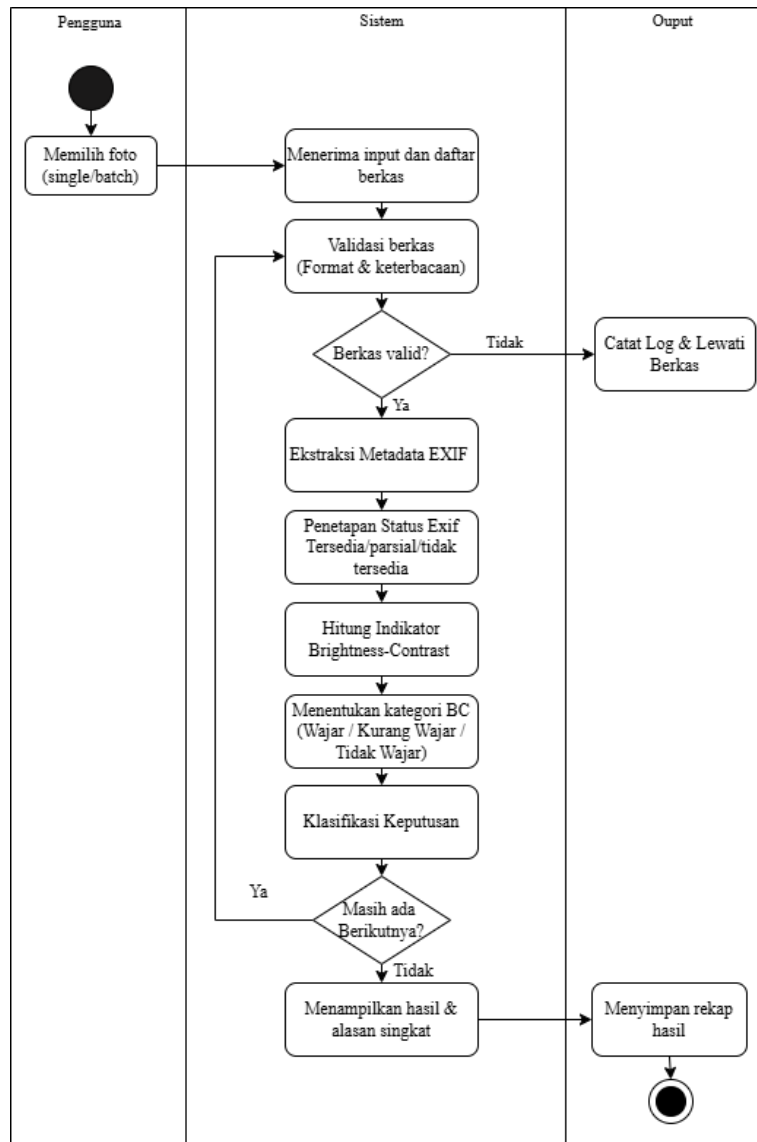
3.4.1. Use Case Diagram Sistem



3.2 Gambar *use case* diagram sistem

Use Case Diagram digunakan untuk menunjukkan fungsi yang diberikan oleh sistem kepada aktor yang berinteraksi langsung dengan aplikasi. Dalam sistem ini, aktor utama adalah Pengguna, yaitu pihak yang menggunakan aplikasi untuk menganalisis foto dan mendapatkan hasil klasifikasi. Diagram ini menyatakan batasan kemampuan sistem sesuai dengan ruang lingkup penelitian, sehingga tidak ada fungsi yang muncul di luar kebutuhan analisis keaslian foto.

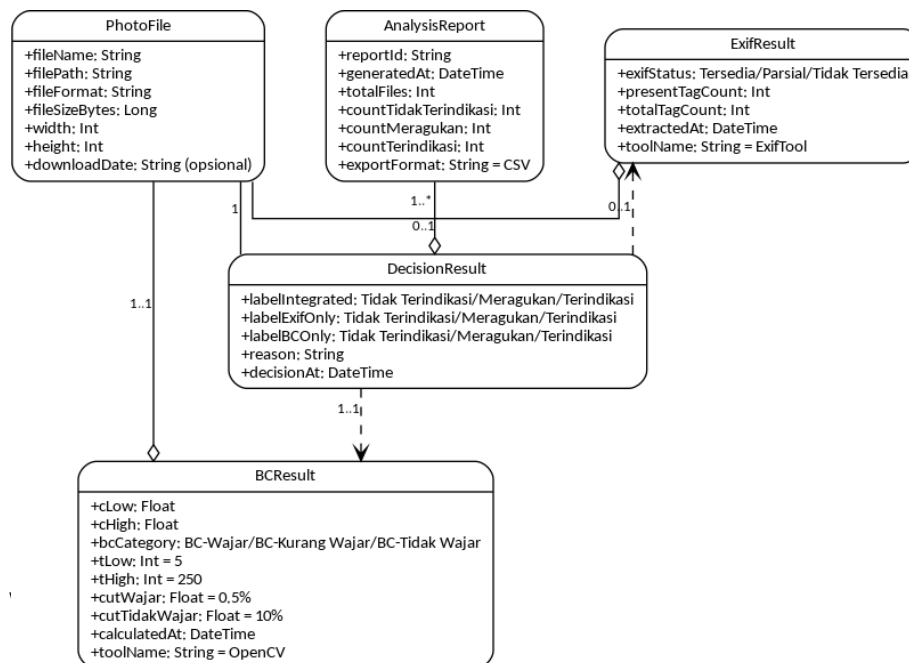
3.4.2. Activity Diagram Proses Analisis Foto



3.3 Activity Diagram Proses Analisis

Activity Diagram memodelkan alur kerja sistem dari pemilihan foto (*single/batch*) hingga keluaran analisis, termasuk percabangan saat berkas tidak valid dan pengulangan pada mode *batch*, dengan prinsip non-destruktif. Sistem memvalidasi format dan keterbacaan berkas lalu berkas yang tidak valid dicatat pada log dan dilewati. Berkas valid diekstraksi metadata EXIF secara *read-only*, lalu dihitung indikator *brightness-contrast*, lalu kedua evidensi digabungkan dengan aturan *rule-based* untuk menghasilkan klasifikasi Tidak Terindikasi Manipulasi/Meragukan/Terindikasi Manipulasi, ditampilkan pada antarmuka, dan direkap dalam bentuk CSV hingga seluruh berkas selesai diproses.

3.4.3. Class Diagram



Gambar 3.4 Class Diagram

Class diagram ini menggambarkan rancangan struktur sistem analisis forensik foto produk yang menghasilkan keputusan klasifikasi melalui dua jalur evidensi, yakni metadata EXIF dan analisis *brightness-contrast* berbasis *clipping*.

Kelas *PhotoFile* digunakan untuk merepresentasikan identitas berkas foto yang diperiksa, sedangkan sistem secara wajib membentuk *BCResult* (1..1) yang memuat nilai *cLow* dan *cHigh* serta penetapan kategori BC-rendah, BC-sedang, atau BC-Tinggi.

berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Di sisi lain, keluaran *ExifResult* (0..1) bersifat opsional mengingat metadata pada foto dapat tidak tersedia; kelas ini mencatat status EXIF beserta ringkasan keterbacaan tag fokus. Selanjutnya, seluruh evidensi yang diperoleh dirangkum dalam *DecisionResult* untuk menetapkan label keputusan pada skenario integrasi, EXIF saja, dan BC saja, disertai alasan singkat sebagai dasar keterlacakan. Himpunan hasil keputusan tersebut kemudian dikelola dalam *AnalysisReport* (1..*) sebagai rekap pelaporan sekaligus dasar ekspor keluaran analisis.

3.5. Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka pada penelitian ini disusun untuk menyediakan sarana interaksi yang ringkas, terarah, dan mudah dioperasikan dalam melakukan analisis keaslian foto produk dengan memanfaatkan metadata EXIF dan indikator *brightness-contras*. Rancangan mengacu pada prinsip berorientasi tugas sehingga aktivitas pengguna difokuskan pada fungsi inti penelitian, yakni pemilihan berkas foto (mode *single* maupun *batch*), pelaksanaan proses analisis, penyajian hasil pada tingkat berkas, serta penyusunan rekap yang dapat diekspor sebagai dokumen pendukung pengujian. Dengan pendekatan tersebut, sistem diharapkan mampu mempertahankan keterlacakan proses sekaligus mengurangi potensi penilaian subjektif melalui penyajian indikator dan alasan ringkas pada setiap keluaran.

3.5.1. Rancangan Halaman Utama

Sistem Analisis Keaslian Foto Produk E-commerce

Unggah Foto Hasil Analisis Diagram Hasil Download

UNGGAH FOTO
unggah foto, lalu klik tombol upload dan analisis

Pilih File Foto

Pilih File

Upload dan Analisis

3.5 Gambar rancangan halaman utama

Rancangan antarmuka awal yang digunakan pengguna untuk memasukkan berkas foto sebagai bahan analisis. Pada bagian atas halaman ditampilkan judul sistem sebagai identitas aplikasi. Selanjutnya, pengguna disediakan area unggah (*drop zone*) yang mendukung dua cara input, yakni drag and drop maupun pemilihan berkas melalui tombol “Pilih Foto”, sehingga proses unggah dapat dilakukan secara fleksibel. Setelah berkas dipilih, pengguna mengeksekusi pengunggahan melalui tombol “Upload Berkas” sebagai penanda bahwa data siap diproses pada tahap berikutnya. Desain ini dibuat sederhana supaya alur penggunaan jelas, cepat dipahami, dan meminimalkan kesalahan saat pengguna memasukkan data.

3.5.2. Rancangan Halaman Hasil Analisis

Sistem Analisis Keaslian Foto Produk E-commerce

Unggah Foto Hasil Analisis Diagram Hasil Download

Hasil Analisis

Ringkasan hasil analisis foto terakhir yang diunggah

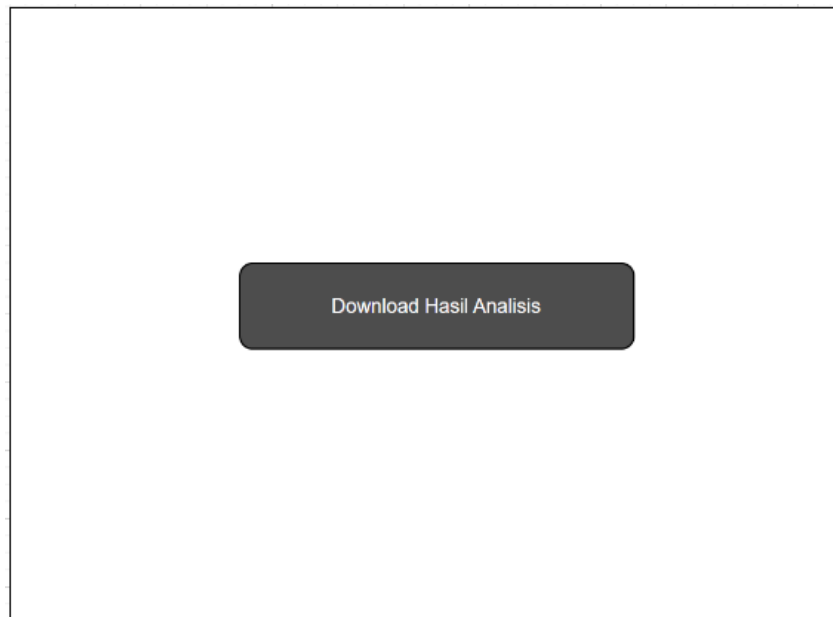
Kembali Lihat Diagram Hasil

No	Nama File	Waktu	EXIF	Brightness	Contrast	Kategori BC	Keputusan	Detail

3.6 Gambar rancangan halaman hasil analisis

Sistem menampilkan hasil pemeriksaan dengan format yang sederhana agar mudah dibaca. Di bagian Identitas Berkas, pengguna bisa melihat informasi dasar file yang dianalisis, sehingga jelas berkas mana yang sedang diperiksa. Di sisi lain, sistem menampilkan Ringkasan Metadata EXIF dalam bentuk tabel yang menunjukkan apakah tag fokus terbaca. Setelah itu, bagian Keputusan menampilkan hasil akhir klasifikasi sebagai kesimpulan dari proses analisis. Untuk melengkapi hasil tersebut, tersedia kotak Ringkasan *Brightness-Contrast* yang berisi kategori dan indikator utama, serta kolom Alasan Ringkas yang menjelaskan secara singkat mengapa sistem memberi keputusan tersebut. Di bagian bawah, tombol Kembali digunakan untuk kembali ke halaman sebelumnya, sedangkan tombol Ekspor dipakai untuk menyimpan hasil analisis sebagai file laporan.

3.5.3. Rancangan Halaman Ekspor



3.7 Gambar rancangan halaman ekspor

Halaman yang difokuskan untuk tahap akhir setelah proses analisis selesai, yaitu menyediakan fitur ekspor hasil secara praktis. Pada rancangan ini, antarmuka dibuat sederhana dengan satu tombol utama “Download Hasil Analisis” agar pengguna dapat mengunduh rekap keluaran sistem dalam format CSV tanpa perlu melalui banyak langkah. Konsep tampilan yang minimalis tersebut bertujuan mengurangi potensi kesalahan pengguna, sekaligus memastikan keluaran analisis dapat segera disimpan sebagai dokumentasi pengujian maupun lampiran pelaporan hasil penelitian.

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

4.1. Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem pada penelitian ini ditetapkan untuk memastikan proses pemeriksaan forensik digital terhadap foto produk dapat berjalan terstandar, dapat direplikasi, dan tidak merusak bukti. Mengacu pada rancangan Bab III, sistem memanfaatkan dua jalur evidensi utama, yaitu evidensi tingkat berkas melalui metadata EXIF dan evidensi tingkat piksel melalui indikator *brightness-contrast* berbasis clipping, serta menghasilkan keluaran klasifikasi yang terdokumentasi.

4.1.1. Sumber dan Perolehan Data

Data yang digunakan pada implementasi dan pengujian sistem merupakan foto produk pakaian yang bersumber dari platform Shopee. Pemilihan Shopee dilakukan karena platform tersebut menyediakan foto produk dalam format citra umum (JPG/JPEG/PNG) yang relevan untuk dianalisis dari dua sisi, metadata EXIF dan karakteristik tonal citra (*Brightness-Contrast*). Perolehan data dilakukan dengan cara mengunduh foto dari halaman produk (bukan tangkapan layar dan bukan dari percakapan/chat), sebab metode ini lebih menjaga integritas file yang dianalisis, terutama pada aspek metadata dan konsistensi struktur berkas.

Dataset disusun secara terencana untuk menjaga keterwakilan variasi tampilan foto pada kategori pakaian serta menghindari dominasi oleh satu toko atau satu jenis produk. Dataset penelitian ditetapkan sebanyak 100 citra yang mencakup lima subkategori pakaian, yaitu blouse, kemeja, dress, pakaian tidur, dan kaos. Dari setiap subkategori dipilih 20 toko yang berbeda, kemudian dari setiap toko digunakan 1 halaman produk yang sesuai subkategori dan diambil 1 foto utama

sebagai sampel. Dengan demikian, komposisi dataset memastikan variasi citra berasal dari beragam toko dan subkategori, sehingga keluaran sistem tidak bias terhadap karakteristik foto dari satu sumber tertentu.

Dalam rangka menjaga konsistensi pengujian, file yang sudah diunduh disimpan dalam kondisi apa adanya tanpa pengubahan ukuran, konversi format, atau pengeditan ulang. Setiap foto selanjutnya dimasukkan ke inventaris dataset (kode data, subkategori, toko, tautan produk, nama file, dan tanggal unduh) sehingga proses analisis dapat ditelusuri, diulang, dan dipertanggung jawabkan pada tahap evaluasi.

4.1.2 Bentuk Data Mentah (*Raw Data*)

Data mentah (*raw data*) dalam penelitian ini berupa berkas citra digital yang berisi foto produk pakaian. Secara konseptual, *raw data* mencakup dua komponen informasi, yaitu:

- (1) data piksel yang membentuk tampilan visual foto, dan
- (2) metadata yang mungkin melekat pada file, khususnya metadata EXIF.

Sistem menerima raw data dalam format JPG/JPEG/PNG, karena format tersebut lazim digunakan pada foto produk *e-commerce* serta didukung oleh proses pembacaan citra menggunakan OpenCV. *Raw data* ditempatkan pada folder input sistem untuk dianalisis, dengan karakteristik yang bervariasi dari sisi resolusi, tingkat kompresi, dan kelengkapan metadata. Variasi tersebut tidak dihilangkan karena merupakan kondisi nyata foto produk pada platform *e-commerce*, sekaligus menjadi konteks penting dalam interpretasi hasil analisis.

Pada implementasi sistem, *raw data* diproses melalui mekanisme unggah (*upload*) berbasis web. File yang diunggah akan disimpan ke direktori uploads/,

sehingga sistem memiliki lokasi input yang terstandarisasi sebelum modul analisis dijalankan. Data mentah yang tidak dapat dibaca akan ditandai oleh sistem sebagai kegagalan pemrosesan dan dicatat pada keluaran agar tidak menimbulkan kesimpulan yang keliru.

4.1.3 Pra-pemrosesan Data Foto

Pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan data masukan memenuhi syarat pemrosesan dan untuk menjaga konsistensi keluaran sistem. Tahap pra-pemrosesan dalam sistem ini meliputi validasi file, penyiapan lokasi input, pembacaan citra, konversi format citra untuk analisis statistik, serta ekstraksi metadata.

Secara operasional, alur pra-pemrosesan pada sistem yang diimplementasikan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Validasi berkas unggahan: sistem memeriksa ekstensi file yang diunggah dan hanya menerima JPG/JPEG/PNG. File dengan ekstensi di luar ketentuan akan ditolak untuk menjaga kompatibilitas pemrosesan.
2. Penyimpanan berkas ke folder input: file yang valid disimpan ke direktori uploads/ sebagai sumber input analisis. Sistem membatasi unggahan maksimal 10 file per proses untuk menjaga stabilitas dan keterkendalian waktu analisis.
3. Pembacaan citra: sistem memuat citra menggunakan OpenCV. Jika citra tidak dapat dibaca, sistem mengembalikan status kegagalan pemrosesan dan memberikan catatan kesalahan pada hasil.

4. Konversi *grayscale*: citra dikonversi ke *grayscale* untuk menghitung parameter *Brightness-Contrast* secara konsisten pada domain intensitas 0–255.
5. Ekstraksi metadata EXIF: sistem mengekstrak metadata menggunakan ExifTool melalui pemanggilan proses eksternal. Tag yang diekstrak dibatasi pada tag yang relevan dengan penelitian.
6. Penanganan metadata yang tidak tersedia: apabila metadata EXIF tidak tersedia atau hanya terbaca sebagian, sistem tidak menghentikan proses analisis citra. Tag yang tidak terbaca tetap dicantumkan pada keluaran dengan nilai “-” agar struktur data keluaran konsisten antar sampel.

Pra-pemrosesan tersebut dirancang agar hasil analisis dapat dihasilkan meskipun terdapat variasi kualitas file atau ketersediaan metadata, yang umum terjadi pada foto produk *e-commerce* akibat kompresi atau pemrosesan ulang oleh platform.

4.1.4 Atribut Data yang Dibutuhkan untuk Pemrosesan

Atribut yang digunakan pada pemrosesan sistem terdiri atas dua kelompok: atribut metadata EXIF dan atribut pengolahan citra *Brightness-Contrast*.

a. Atribut Metadata EXIF (Batasan Penelitian)

Sistem mengekstrak metadata EXIF sesuai batasan penelitian untuk mendukung analisis keaslian file, meliputi:

1. *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate* (informasi waktu perekaman/pembuatan/perubahan)
2. *Make*, *Model* (informasi perangkat/kamera)

3. *Software* (indikasi perangkat lunak yang terkait dengan pembuatan atau pemrosesan)
4. *ExposureTime, ISO, FNumber* (parameter pemotretan)
5. *Resolution* (diturunkan dari *XResolution, YResolution, dan ResolutionUnit*)
6. *Orientation* (orientasi citra)

Dalam implementasi, sistem menampilkan seluruh tag tersebut pada halaman hasil. Apabila sebagian tag tidak tersedia pada file, sistem tetap menampilkan tag tersebut dengan nilai “-” agar struktur laporan seragam dan mudah dievaluasi.

b. Atribut Pengolahan Citra *Brightness–Contrast*

Selain metadata, sistem menghitung atribut berbasis citra untuk memotret karakter tonal foto secara statistik, yaitu:

1. *Brightness*: rata-rata (*mean*) intensitas piksel *grayscale* (rentang 0–255). Nilai ini menggambarkan kecenderungan foto terhadap kondisi terang atau gelap.
2. *Contrast*: simpangan baku (*standard deviation*) intensitas piksel *grayscale* (rentang 0–255). Nilai ini merepresentasikan sebaran tonal; semakin besar nilai, semakin tegas perbedaan intensitas pada citra.

Nilai *Brightness* dan *Contrast* kemudian dipetakan ke kategori *Brightness–Contrast* (rendah/sedang/tinggi) sesuai definisi operasional yang ditetapkan peneliti. Hasil kategori ini digunakan sebagai salah satu dasar pada aturan keputusan sistem dalam memberikan label interpretatif terhadap foto yang dianalisis.

4.1.5 Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Agar sistem dapat dijalankan secara stabil dan mampu memproses unggahan multi-file, diperlukan dukungan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan karakteristik komputasi pengolahan citra dan ekstraksi metadata.

a. Perangkat Lunak

Sistem dibangun dengan komponen perangkat lunak berikut:

1. Sistem Operasi Windows (sesuai integrasi ExifTool berbasis .exe).
2. Python sebagai bahasa pemrograman.
3. Flask untuk antarmuka web dan routing halaman (unggah, hasil, diagram, unduh).
4. OpenCV untuk pemrosesan citra (pembacaan gambar, *grayscale*, perhitungan *mean* dan *standard deviation*).
5. Pandas untuk pengolahan hasil analisis dan penyimpanan keluaran dalam format CSV.
6. ExifTool untuk ekstraksi metadata EXIF sesuai daftar tag penelitian.
7. Chart.js untuk menyajikan visualisasi hasil dalam bentuk diagram (donut dan bar).
8. Web browser untuk menjalankan antarmuka system

b. Struktur File Sistem (Implementasi Nyata)

Untuk menjaga keteraturan implementasi, sistem menggunakan struktur direktori sebagai berikut:

1. src/ : berisi kode utama aplikasi dan modul analisis
2. templates/ : berisi halaman HTML (unggah, hasil, diagram, *base layout*)

3. `static/` : berisi CSS/asset antarmuka
4. `uploads/` : penyimpanan file citra yang diunggah
5. `outputs/` : penyimpanan hasil analisis, terutama `hasil_web.csv`
6. `tools/` : penyimpanan `exiftool.exe`

Dengan kebutuhan tersebut, sistem dapat menjalankan fungsinya secara *end-to-end*, mulai dari unggah foto, analisis EXIF serta *Brightness–Contrast*, penyajian tabel hasil dan detail metadata, penyajian diagram ringkas, hingga penyediaan keluaran CSV yang konsisten dengan hasil yang ditampilkan pada antarmuka.

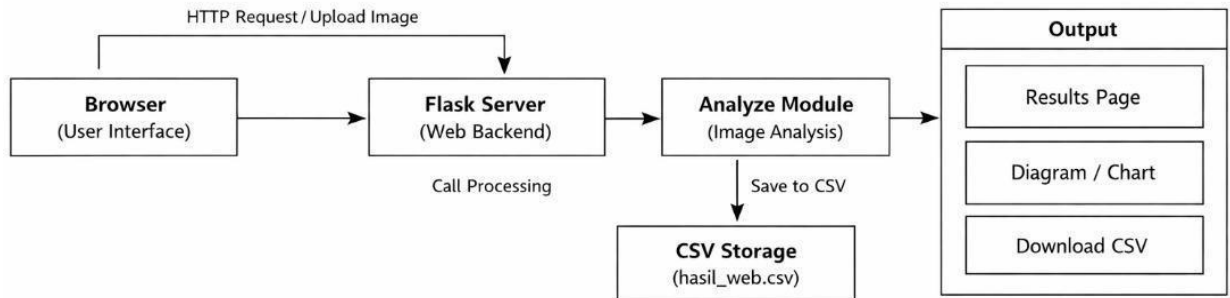
4.2. Implementasi Sistem

Subbab ini menjelaskan realisasi rancangan pada Bab III menjadi sistem berjalan berbasis web yang mampu menganalisis keaslian foto produk *e-commerce* melalui dua jalur evidensi, yaitu metadata EXIF (tingkat berkas) dan indikator *brightness–contrast* (tingkat piksel). Implementasi disusun mengikuti prinsip forensik digital yang defensif, yakni non-destruktif, dapat direplikasi, dan transparan melalui indikator serta alasan keputusan yang dapat ditelusuri.

4.2.1. Arsitektur Sistem

Sistem analisis keaslian foto produk *e-commerce* diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web menggunakan arsitektur *client–server*. Pada sisi *client*, pengguna mengakses sistem melalui browser untuk mengunggah foto, membaca hasil analisis, melihat diagram ringkas, serta mengunduh output analisis. Pada sisi server, Flask mengelola alur permintaan dan respons, termasuk validasi input, pemanggilan modul analisis, pembacaan hasil dari berkas CSV, dan

penyajian halaman HTML. Modul analisis dipisahkan dari aplikasi web utama, sehingga proses ekstraksi metadata EXIF (ExifTool) dan pengolahan citra *Brightness-Contrast* (OpenCV) dapat dipelihara serta diuji secara lebih terstruktur.



Gambar 4.1 arsitektur *client-server* dan alur *input-proses-output* pada sistem analisis.

Secara operasional, aliran data sistem dimulai dari unggahan foto ke server, dilanjutkan dengan penyimpanan file ke direktori uploads/, eksekusi analisis melalui `analyze_web.py`, penyimpanan hasil ke `outputs/hasil_web.csv`, kemudian penampilan hasil pada halaman `results.html`. Halaman `diagram.html` memvisualisasikan data ringkas yang dihitung dari CSV menggunakan `Chart.js`, sedangkan fitur unduh memastikan pengguna dapat memperoleh file CSV yang sama dengan hasil yang ditampilkan pada antarmuka.

Tabel 4.1 Arsitektur Sistem dan Fungsi Komponen

Komponen	Lokasi/Implementasi	Fungsi Utama
Browser (<i>Client</i>)	Google Chrome/Edge	Mengakses halaman unggah, hasil analisis, diagram, dan unduh CSV
Web Server	Flask (src/app.py)	Mengelola routing, validasi input, pemanggilan analisis, dan render halaman
Modul Analisis	src/analyze_web.py	Ekstraksi EXIF, hitung <i>Brightness-Contrast</i> , aturan keputusan, simpan CSV
Tool Ekstraksi EXIF	tools/exiftool.exe	Mengambil metadata EXIF sesuai daftar tag penelitian (format JSON)
Library Pengolahan Citra	OpenCV (cv2)	Membaca citra, konversi <i>grayscale</i> , menghitung mean/std intensitas
Penyimpanan Input	uploads/	Menyimpan foto yang diunggah sebelum dianalisis
Penyimpanan Output	outputs/hasil_web.csv	Menyimpan hasil analisis per foto dalam format CSV
Visualisasi	Chart.js (diagram.html)	Menyajikan donut keputusan, donut EXIF, dan bar rata-rata <i>Brightness-Contrast</i>

4.2.2. Implementasi Struktur Proyek Dan Manajemen Berkas

Struktur proyek pada sistem ini disusun secara modular untuk memisahkan komponen aplikasi, antarmuka, aset tampilan, data masukan, serta keluaran analisis. Pemisahan tersebut bertujuan menjaga keteraturan implementasi, memudahkan replikasi proses analisis, dan mendukung keterlacakan (*traceability*) antara berkas input dan hasil yang dihasilkan sistem.

Pada sisi backend, implementasi layanan web menggunakan framework Flask yang ditempatkan pada berkas `src/app.py`. Berkas ini bertanggung jawab terhadap pengelolaan rute (*routing*), penerimaan unggahan foto, pemanggilan modul analisis, penayangan hasil analisis pada halaman web, serta fasilitasi proses unduh (*download*) hasil dalam format CSV. Adapun logika analisis yang mencakup ekstraksi metadata menggunakan ExifTool, pengolahan citra menggunakan OpenCV, dan penentuan label berbasis aturan diletakkan pada `src/analyze_web.py`. Pemisahan ini memastikan bahwa kode server dan kode analisis tidak saling bercampur sehingga lebih mudah dipelihara, diuji, dan dijelaskan pada tahap pengujian sistem.

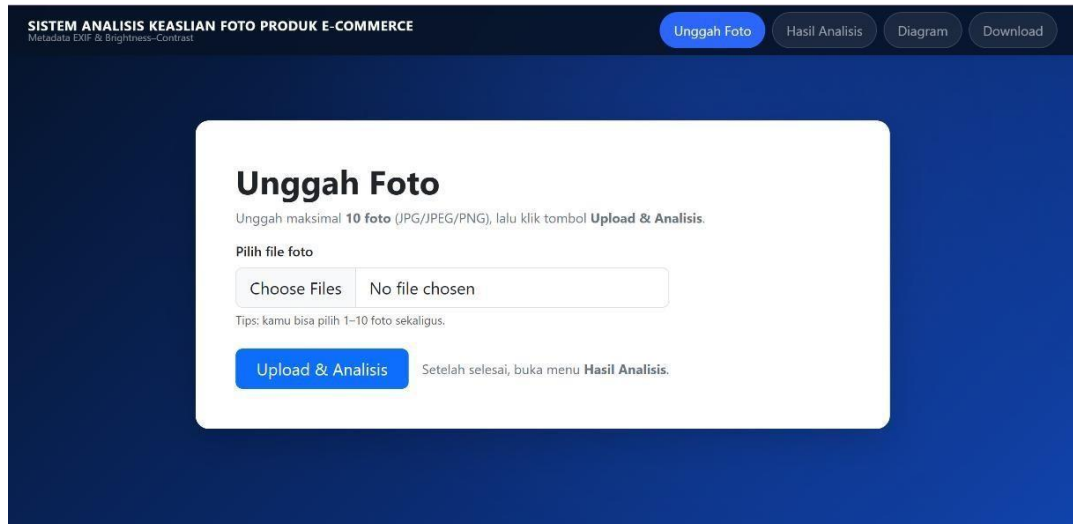
Komponen antarmuka pengguna dikelola melalui template HTML yang diletakkan dalam folder `templates/`. Template ini mengatur layout, struktur halaman, serta penyajian informasi hasil analisis dan visualisasi diagram. Sementara itu, aset tampilan (CSS serta integrasi Bootstrap) ditempatkan pada folder `static/`. Penempatan aset pada direktori khusus bertujuan menjaga konsistensi tampilan, memudahkan perubahan desain tanpa mengubah logika aplikasi, serta meningkatkan keterbacaan struktur proyek.

Manajemen data pada sistem ini memanfaatkan dua direktori kerja utama, yaitu uploads/ dan outputs/. Folder uploads/ berfungsi sebagai lokasi penyimpanan berkas foto yang diunggah pengguna sebelum dilakukan pemrosesan. Setelah analisis dijalankan, hasil rekapitulasi sistem disimpan pada folder outputs/, khususnya dalam bentuk hasil_web.csv. Penggunaan format CSV dipilih karena mendukung pencatatan terstruktur, mudah dibaca kembali oleh aplikasi, serta memudahkan proses dokumentasi dan pelaporan hasil penelitian. Dengan demikian, alur penyimpanan data masukan dan keluaran memiliki pola yang jelas, sehingga proses analisis dapat diulang dengan konsistensi yang sama. Selain itu, ExifTool disimpan pada tools/exiftool.exe agar dependensi eksternal bersifat eksplisit dan tidak bergantung pada instalasi global system operasi, sehingga mendukung konsistensi pengujian dan implementasi

4.2.3. Implementasi Modul Unggah Dan Validasi *Input*

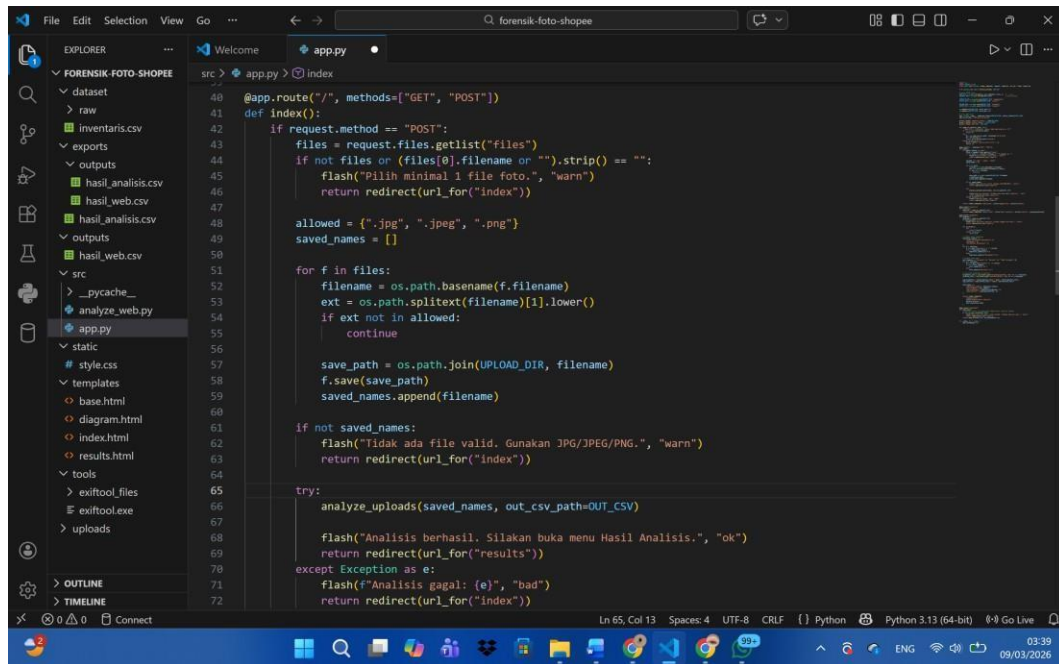
Modul unggah dan validasi berkas diimplementasikan sebagai mekanisme input utama sistem untuk menerima foto produk yang akan dianalisis. Implementasi dilakukan pada route / di backend Flask (src/app.py) dengan dua mode layanan, yaitu GET untuk menampilkan halaman unggah dan POST untuk memproses berkas yang dikirim melalui form multipart/form-data. Berkas yang diterima

kemudian divalidasi sebelum disimpan dan dianalisis, sehingga sistem hanya memproses input yang sesuai spesifikasi.



Gambar 4.3 Halaman Unggah Foto

Validasi pertama memastikan pengguna memilih minimal satu berkas agar tidak terjadi proses kosong. Selanjutnya, sistem menerapkan validasi format menggunakan penyaringan ekstensi yang diizinkan (.jpg, .jpeg, .png). Nama file dinormalisasi menggunakan `os.path.basename()` untuk mencegah penyisipan path yang tidak diinginkan pada proses penyimpanan. Setelah lolos validasi, berkas disimpan ke direktori `uploads/` dan nama file dicatat dalam daftar `saved_names`. Daftar ini menjadi acuan pemanggilan modul analisis `analyze_uploads` (`saved_names, out_csv_path=OUT_CSV`) sehingga analisis hanya dilakukan pada berkas yang diunggah pada sesi tersebut, dan hasilnya disimpan pada `outputs/hasil_web.csv` sebagai output yang konsisten untuk halaman hasil dan fitur unduh.



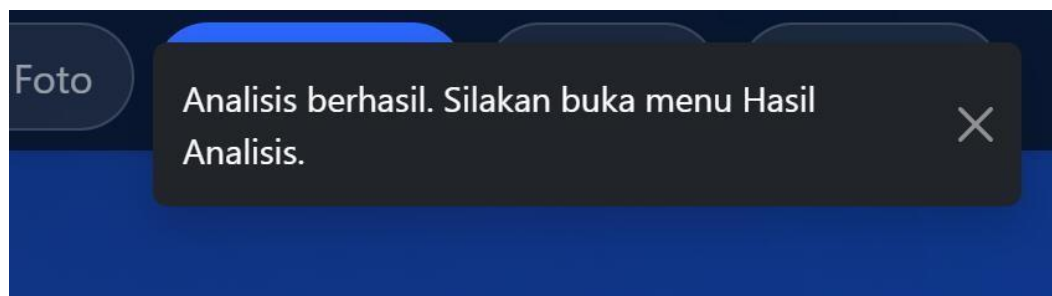
```

40 @app.route("/", methods=["GET", "POST"])
41 def index():
42     if request.method == "POST":
43         files = request.files.getlist("files")
44         if not files or (files[0].filename or "").strip() == "":
45             flash("Pilih minimal 1 file Foto.", "warn")
46             return redirect(url_for("index"))
47
48         allowed = {".jpg", ".jpeg", ".png"}
49         saved_names = []
50
51         for f in files:
52             filename = os.path.basename(f.filename)
53             ext = os.path.splitext(filename)[1].lower()
54             if ext not in allowed:
55                 continue
56
57             save_path = os.path.join(UPLOAD_DIR, filename)
58             f.save(save_path)
59             saved_names.append(filename)
60
61         if not saved_names:
62             flash("Tidak ada file valid. Gunakan JPG/JPEG/PNG.", "warn")
63             return redirect(url_for("index"))
64
65         try:
66             analyze_uploads(saved_names, out_csv_path=OUT_CSV)
67
68             flash("Analisis berhasil. Silakan buka menu Hasil Analisis.", "ok")
69             return redirect(url_for("results"))
70         except Exception as e:
71             flash(f"Analisis gagal: {e}", "bad")
72             return redirect(url_for("index"))

```

Gambar 4.4 Kode Implementasi Unggah dan Validasi

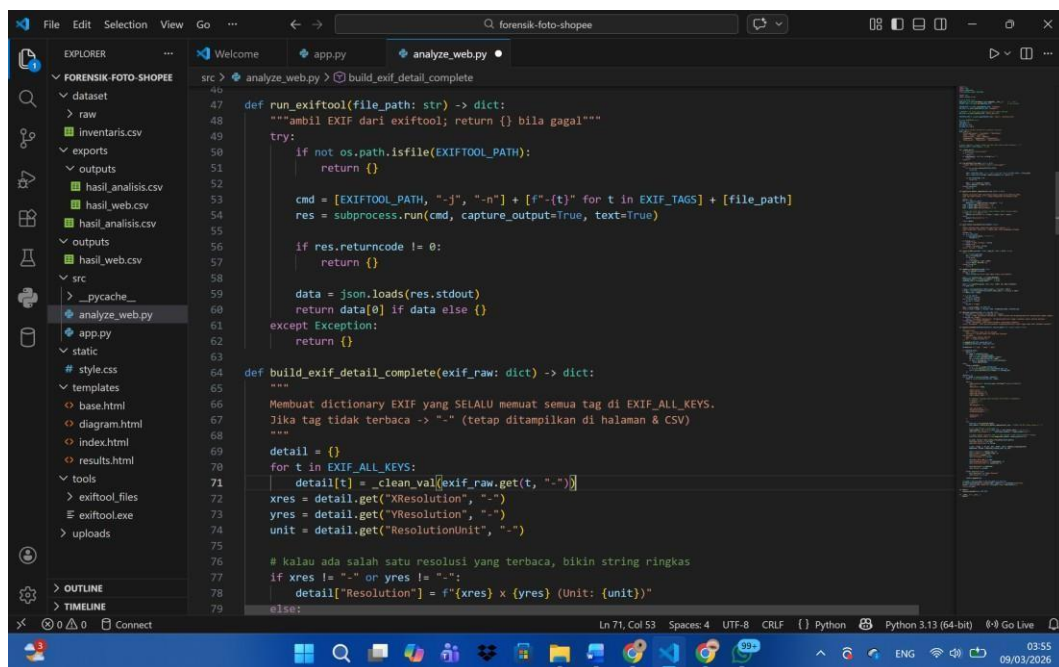
Sistem memberikan umpan balik melalui *flash message*. Apabila input tidak valid, sistem menampilkan pesan peringatan dan mengarahkan pengguna kembali ke halaman unggah. Jika analisis berhasil, sistem menampilkan notifikasi keberhasilan dan melakukan *redirect* ke halaman */results*. Apabila terjadi kegagalan pada proses analisis, sistem menampilkan pesan kesalahan dan mengembalikan pengguna ke halaman unggah untuk melakukan perbaikan *input*.



Gambar 4.5 Notifikasi keberhasilan (*flash message*) perpindahan ke halaman hasil setelah analisis selesai.

4.2.4. Implementasi Modul Ekstraksi Metadata Exif

Modul ekstraksi metadata EXIF diimplementasikan untuk memperoleh informasi teknis yang melekat pada file citra sebagai salah satu sumber evidensi dalam analisis forensik digital. Ekstraksi dilakukan menggunakan ExifTool (tools/exiftool.exe) yang dipanggil melalui *subprocess* pada Python di modul src/analyze_web.py. Implementasi ini bersifat *read-only*, sehingga proses pemeriksaan tidak mengubah konten citra maupun struktur file, dan tetap menjaga sifat non-destruktif terhadap objek analisis.



```

src > analyze_web.py > build_exif_detail_complete
40
47 def run_exiftool(file_path: str) -> dict:
48     """ambil EXIF dari exiftool; return {} bila gagal"""
49
50     try:
51         if not os.path.isfile(EXIFTOOL_PATH):
52             return {}
53
54         cmd = [EXIFTOOL_PATH, "-j", "-n"] + [f"-{t}" for t in EXIF_TAGS] + [file_path]
55         res = subprocess.run(cmd, capture_output=True, text=True)
56
57         if res.returncode != 0:
58             return {}
59
60         data = json.loads(res.stdout)
61         return data[0] if data else {}
62     except Exception:
63         return {}
64
65 def build_exif_detail_complete(exif_raw: dict) -> dict:
66     """
67     Membuat dictionary EXIF yang SELALU memuat semua tag di EXIF_ALL_KEYS.
68     Jika tag tidak terbaca -> "-" (tetap ditampilkan di halaman & CSV)
69     """
70     detail = {}
71     for t in EXIF_ALL_KEYS:
72         detail[t] = _clean_val(exif_raw.get(t, "-"))
73     xres = detail.get("XResolution", "-")
74     yres = detail.get("YResolution", "-")
75     unit = detail.get("ResolutionUnit", "-")
76
77     # kalau ada salah satu resolusi yang terbaca, bikin string ringkas
78     if xres != "-" or yres != "-":
79         detail["Resolution"] = f"{xres} x {yres} (Unit: {unit})"
80     else:

```

Gambar 4.6 Kode Implementasi Ekstraksi Metadata EXIF

Dalam sistem, ekstraksi EXIF difokuskan pada tag yang relevan dengan batasan penelitian, meliputi informasi waktu, perangkat, perangkat lunak, parameter pemotretan, resolusi, dan orientasi. Untuk menjaga konsistensi keluaran, sistem mengekstraksi tag sesuai daftar EXIF_TAGS dan mengembalikan hasil dalam format JSON. Apabila ExifTool tidak tersedia atau ekstraksi gagal, modul

mengembalikan struktur kosong sehingga sistem tetap berjalan, namun status metadata akan tercatat sebagai tidak tersedia/terbatas pada tahap penentuan keputusan.

Hasil ekstraksi metadata kemudian digunakan untuk menampilkan ringkasan keterbacaan EXIF pada halaman hasil analisis, menyimpan detail metadata pada *output* CSV, dan mendukung aturan keputusan (*rule-based*) sebagai faktor tingkat keyakinan analisis. Dengan pendekatan ini, modul EXIF tidak berdiri sendiri, melainkan terintegrasi secara langsung dengan alur *input–proses–output* sistem.

Tabel 4.2. Tag Exif yang Terbaca

Kelompok Metadata	Tag EXIF	Makna Operasional dalam Sistem
Waktu perekaman/pembuatan	<i>DateTimeOriginal; CreateDate; ModifyDate</i>	Mendukung penelusuran waktu perekaman, pembuatan, dan perubahan file
Perangkat	<i>Make; Model</i>	Identitas merek dan model perangkat/kamera yang terekam
Perangkat lunak	<i>Software</i>	Indikasi perangkat lunak yang terkait pembuatan/pemrosesan file
Parameter pemotretan	<i>ExposureTime; ISO; FNumber</i>	Informasi setting kamera sebagai bukti teknis pendukung
Resolusi	<i>XResolution; YResolution; ResolutionUnit</i>	Informasi resolusi (ditampilkan sebagai “ <i>Resolution</i> ” sesuai definisi operasional)
Orientasi	<i>Orientation</i>	Informasi orientasi citra (rotasi/arah tampilan)

4.2.5. Implementasi Modul Pengolahan Citra *Brightness-Contrast*

Modul pengolahan citra pada sistem ini diimplementasikan untuk mengekstraksi indikator tonal berupa *Brightness* dan *Contrast* dari foto produk yang diunggah pengguna. Indikator tersebut digunakan sebagai representasi ringkas karakter intensitas citra dan menjadi salah satu dasar interpretasi pada sistem analisis keaslian foto. Implementasi dilakukan menggunakan pustaka OpenCV, dengan pendekatan statistik intensitas piksel karena bersifat komputasi ringan, stabil pada berbagai ukuran citra, serta menghasilkan nilai numerik yang konsisten untuk kebutuhan evaluasi dan pelaporan

Tahap awal dimulai dari pembacaan citra menggunakan `cv2.imread`. Jika citra gagal dibaca, sistem menghentikan proses pada berkas tersebut dan memberikan status kegagalan pemrosesan. Selanjutnya citra dikonversi ke *grayscale* menggunakan `cv2.cvtColor` agar analisis intensitas tidak dipengaruhi variasi kanal warna. Setelah konversi, sistem menghitung *Brightness* sebagai rata-rata intensitas piksel *grayscale* dan *Contrast* sebagai deviasi standar intensitas piksel *grayscale*. Secara operasional, *Brightness* menggambarkan kecenderungan citra lebih terang atau lebih gelap, sedangkan *Contrast* mencerminkan penyebaran intensitas yang berhubungan dengan kesan visual “flat” (kontras rendah) atau “tegas” (kontras tinggi).

Selain statistik dasar tersebut, sistem membentuk histogram intensitas *grayscale* untuk menghitung proporsi piksel ekstrem pada bayangan (*shadow clipping*) dan sorotan (*highlight clipping*). Nilai clipping digunakan untuk memperoleh ukuran dominan piksel ekstrem yang diringkas dalam parameter $C(\%)$, kemudian dipetakan ke kategori *Brightness-Contrast* (rendah/sedang/tinggi)

berdasarkan ambang yang ditetapkan sistem. Meskipun parameter *clipping* direkam pada keluaran CSV dan ditampilkan pada bagian detail, ringkasan utama analisis tetap menekankan kombinasi metadata EXIF dan *Brightness–Contrast* untuk menjaga keterbacaan hasil dan kesesuaian dengan tujuan sistem.

Tabel 4.3 Parameter Modul *Brightness–Contrast*

Parameter	Nama Kolom (<i>Output</i>)	Rentang	Definisi Operasional	Fungsi pada Sistem
<i>Brightness</i>	<i>Brightness</i> (0-255)	0–255	Rata-rata intensitas <i>grayscale</i> (<i>mean</i>)	Mengukur kecenderungan terang/gelap citra
<i>Contrast</i>	<i>Contrast</i> (0-255)	0–255	Deviasi standar intensitas <i>grayscale</i> (<i>std</i>)	Mengukur sebaran intensitas (flat vs tegas)
<i>Shadow clipping</i>	c_low(%)	0–100	Persentase piksel sangat gelap (mendekati 0)	Indikator kehilangan detail area gelap (detail)
<i>Highlight clipping</i>	c_high(%)	0–100	Persentase piksel sangat terang (mendekati 255)	Indikator kehilangan detail area terang (detail)
Dominan <i>clipping</i>	C(%)	0–100	Nilai maksimum dari c_low dan c_high	Ringkasan intensitas ekstrem dominan
Kategori <i>Brightness–Contrast</i>	BC_Kategori	rendah/sedang/tinggi	Klasifikasi berbasis ambang C(%)	Menjadi input interpretasi/keputusan

berikut menunjukkan implementasi penghitungan *brightness* dan *contrast* yang digunakan sistem.

```

112
113 def compute_clipping(file_path: str):
114     img = cv2.imread(file_path)
115     if img is None:
116         raise ValueError("File tidak dapat dibaca oleh OpenCV")
117
118     gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
119     brightness_mean = float(gray.mean()) # 0-255
120     contrast_std = float(gray.std()) # 0-255
121
122     hist = cv2.calcHist([gray], [0], None, [256], [0, 256]).flatten()
123     N = gray.size
124
125     c_low = float(hist[0:TAU_LOW+1].sum()) / float(N) * 100.0
126     c_high = float(hist[256-(TAU_HIGH+1):256].sum()) / float(N) * 100.0
127     C = max(c_low, c_high)
128
129     if C <= BC_LOW_TH:
130         bc_cat = "rendah"
131     elif C <= BC_HIGH_TH:
132         bc_cat = "sedang"
133     else:
134         bc_cat = "tinggi"
135
136     skor = score_0_100(C, BC_HIGH_TH)
137     return c_low, c_high, C, bc_cat, skor, brightness_mean, contrast_std
138

```

Gambar 4.6 Kode Implementasi Modul *Brightness-Contrast*

Keluaran modul pengolahan citra disimpan pada berkas **outputs/hasil_web.csv** pada kolom *Brightness*(0-255) dan *Contrast*(0-255) serta BC_Kategori untuk keperluan interpretasi ringkas. Nilai *c_low*(%), *c_high*(%), dan *C*(%) tetap direkam sebagai informasi pendukung untuk pembahasan dan validasi pada tahap pengujian.

4.2.6. Implementasi Aturan Keputusan

Aturan keputusan pada sistem ini direalisasikan menggunakan pendekatan rule-based decision untuk menghasilkan label akhir terkait indikasi manipulasi pada foto produk. Pendekatan berbasis aturan dipilih karena memiliki sifat eksplisit dan dapat diaudit, sehingga alur penentuan hasil mudah ditelusuri serta dapat dipertanggungjawabkan pada tahap pengujian. Secara operasional, penetapan keputusan mengacu pada dua kelompok indikator utama, yaitu status keterbacaan metadata EXIF dan kategori *Brightness-Contrast* yang diperoleh dari proses pengolahan citra.

Status metadata EXIF ditentukan dari jumlah tag fokus yang berhasil terbaca dan kemudian dikelompokkan menjadi tiga kondisi, yakni Tersedia, Sebagian, dan Tidak Tersedia. Sementara itu, kategori *Brightness–Contrast* diturunkan dari indikator tonal yang dihitung sistem dan diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Berdasarkan kedua indikator tersebut, sistem menerapkan aturan berurutan (prioritas) untuk menghasilkan label Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, atau Terindikasi Manipulasi. Penerapan aturan secara berurutan dimaksudkan agar proses evaluasi bersifat deterministik dan menghindari ambiguitas antar kondisi keputusan.

Tabel 4.4 Aturan Keputusan Sistem

Kondisi (IF)	Keputusan (THEN)	Rationale Ringkas
EXIF = Tersedia dan <i>Brightness–Contrast</i> = sedang	Tidak Terindikasi Manipulasi	Metadata tersedia dan karakter tonal berada pada tingkat moderat sehingga tidak menunjukkan anomali yang kuat.
<i>Brightness–Contrast</i> = tinggi	Terindikasi Manipulasi	Karakter tonal dianggap ekstrem sehingga meningkatkan indikasi manipulasi berbasis citra.
EXIF = Tidak Tersedia	Meragukan	Ketiadaan metadata membatasi validasi sumber foto, sehingga kesimpulan tidak dapat dipastikan.
Selain kondisi di atas	Meragukan	Bukti metadata terbatas dan indikator tonal belum memadai

<i>Brightness–Contrast</i> rendah/sedang)		untuk mendukung kesimpulan “tidak terindikasi”.
--	--	--

Label “Meragukan” ditempatkan sebagai keputusan konservatif pada situasi ketika bukti teknis belum cukup kuat, baik karena metadata tidak memadai maupun karena indikator tonal tidak menunjukkan dominasi yang mengarah pada kesimpulan pasti. Dengan demikian, sistem menghindari penetapan hasil yang terlalu agresif dan tetap menjaga kehati-hatian interpretatif. Aturan keputusan diimplementasikan pada fungsi *decision_rule()* di modul *src/analyze_web.py*, yang memetakan kombinasi status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast* menjadi keputusan akhir beserta alasan ringkas.

```
def decision_rule(exif_stat: str, bc_cat: str):
    if exif_stat == "Tersedia" and bc_cat == "sedang":
        return "Tidak Terindikasi Manipulasi", "EXIF tersedia dan Brightness-Contrast berada pada tingkat sedar
    if bc_cat == "tinggi":
        return "Terindikasi Manipulasi", "Brightness-Contrast tinggi (indikator piksel ekstrem dominan)."
    if exif_stat == "Tidak Tersedia":
        return "Meragukan", "EXIF tidak tersedia; interpretasi dibatasi."
    return "Meragukan", "EXIF parsial/terbatas; Brightness-Contrast tidak tinggi namun bukti metadata terbatas.
```

Gambar 4.7 Code Implementasi Aturan Keputusan

Aturan keputusan diimplementasikan pada fungsi *decision_rule()* di modul *src/analyze_web.py*, yang memetakan kombinasi status EXIF dan kategori *Brightness–Contrast* menjadi keputusan akhir beserta alasan ringkas.

4.2.7. Implementasi Penyimpanan Hasil Analisis Dan Format Output

Penyimpanan hasil analisis pada sistem ini dirancang untuk memastikan keluaran dapat ditelusuri, direplikasi, dan digunakan kembali pada tahap pengujian maupun pelaporan. Seluruh hasil analisis setiap foto disimpan dalam format terstruktur berupa berkas *Comma-Separated Values* (CSV) dengan nama

hasil_web.csv yang ditempatkan pada direktori outputs/. Pemilihan format CSV dipertimbangkan karena bersifat ringan, mudah dibuka pada berbagai perangkat lunak (misalnya spreadsheet), serta memudahkan proses inspeksi hasil secara tabular.

```
csv_path = out_csv_path if out_csv_path else OUT_CSV
pd.DataFrame(results).to_csv(csv_path, index=False, encoding="utf-8-sig")
print(f"[ANALYZE_WEB] Saved CSV: {csv_path} rows= {len(results)}")
return csv_path
```

Gambar 4.8 Proses penyimpanan hasil dilakukan setelah seluruh file pada sesi unggahan selesai dianalisis.

Pada saat pengguna mengunggah foto, sistem menjalankan proses analisis pada modul src/analyze_web.py. Hasil ekstraksi metadata EXIF, nilai *Brightness-Contrast*, indikator pendukung, serta keputusan *rule-based* disusun sebagai satu record per file. Selanjutnya *record* tersebut digabungkan menjadi sebuah tabel (dataframe) dan diekspor ke outputs/hasil_web.csv menggunakan *encoding* utf-8-sig untuk menjaga kompatibilitas karakter pada lingkungan Windows. Dengan mekanisme ini, sistem menghasilkan keluaran yang konsisten, sehingga halaman *Hasil Analisis*, halaman *Diagram*, serta fitur unduhan mengacu pada sumber data yang sama.

Tabel 4.5 Struktur Kolom Output hasil_web.csv

Kelompok Informasi	Nama Kolom	Deskripsi Ringkas
Identitas proses	Waktu_Analisis	Waktu eksekusi analisis pada sistem
Identitas file	No	Nomor urut data pada sesi analisis
Identitas file	Nama_File	Nama berkas foto yang dianalisis

Metadata EXIF	EXIF_Status	Status keterbacaan EXIF (Tersedia/ Sebagian /Tidak Tersedia)
Metadata EXIF	EXIF_Tag_Terisi	Jumlah tag EXIF fokus yang terisi
Metadata EXIF	EXIF_Tag_Terbaca	Daftar tag EXIF yang terbaca (ringkas)
Metadata EXIF	EXIF_Detail_JSON	Detail nilai EXIF dalam format JSON (untuk fitur lihat semua metadata)
<i>Brightness-Contrast</i>	<i>Brightness(0-255)</i>	Nilai rata-rata intensitas <i>grayscale</i>
<i>Brightness-Contrast</i>	<i>Contrast(0-255)</i>	Deviasi standar intensitas <i>grayscale</i>
<i>Brightness-Contrast</i>	BC_Kategori	Kategori <i>Brightness-Contrast</i> (rendah/sedang/tinggi)
Indikator pendukung	Skor_BC(0-100)	Skor ringkas berbasis indikator tonal
Indikator pendukung	c_low(%), c_high(%), C(%)	Persentase piksel ekstrem (detail/pendukung)
Keputusan sistem	Keputusan	Label keputusan akhir berbasis aturan
Keputusan sistem	Alasan	Alasan ringkas yang menyertai keputusan

Berkas `outputs/hasil_web.csv` menjadi sumber data tunggal untuk tiga keluaran sistem, yaitu:

- (1) tabel ringkasan hasil pada halaman *Hasil Analisis*,
- (2) visualisasi ringkas pada halaman *Diagram*, dan
- (3) fitur unduh CSV pada menu *Download*.

Implementasi unduhan dilakukan pada sisi server menggunakan *send_file* sehingga pengguna memperoleh file yang sama dengan hasil analisis terakhir yang tersimpan

```
@app.route("/download")
def download():
    if not os.path.isfile(OUT_CSV):
        flash("Belum ada file hasil untuk diunduh. Silakan analisis dulu.", "warn")
        return redirect(url_for("index"))
    return send_file(OUT_CSV, as_attachment=True)

if __name__ == "__main__":
    app.run(debug=True)
```

Gambar 4.9 Code Implementasi Penyimpanan CSV

4.2.8. Implementasi Tampilan Hasil Analisis

Tampilan hasil analisis pada sistem ini dirancang untuk menyajikan keluaran pemeriksaan secara terstruktur, ringkas, dan mudah ditelusuri, tanpa mengurangi ketersediaan informasi detail yang dibutuhkan dalam proses verifikasi. Implementasi antarmuka memanfaatkan Jinja2 sebagai *template engine* pada Flask, sementara aspek tata letak dan komponen UI distandardisasi menggunakan Bootstrap agar tampilan konsisten serta adaptif pada berbagai ukuran layar. Data yang ditampilkan bersumber dari berkas `outputs/hasil_web.csv`, yang dibaca oleh server dan diteruskan ke template dalam bentuk kumpulan *record* sehingga setiap foto direpresentasikan sebagai satu entri hasil.

```
@app.route("/results")
def results():
    analyses = read_csv_safe(OUT_CSV)
    return render_template("results.html", title="Hasil Analisis", active="results", analyses=analyses)
```

Gambar 4.10 Implementasi code hasil analisis dibaca dari `hasil_web.csv` dan dikirimkan ke template `results.html` melalui variabel `analyses`.

Secara konseptual, penyajian informasi dibangun dalam dua tingkat. Tingkat pertama berupa tabel ringkasan yang memuat atribut inti per foto, meliputi identitas berkas, waktu analisis, status metadata EXIF, nilai *Brightness*, nilai *Contrast*, kategori *Brightness–Contrast*, serta label keputusan sistem. Penyajian ringkasan ini ditujukan untuk memudahkan pengguna melakukan peninjauan cepat dan perbandingan antar foto dalam satu sesi unggahan. Tingkat kedua berupa panel detail per foto yang dapat ditampilkan atau disembunyikan melalui mekanisme *collapse*. Bagian detail memuat parameter tambahan yang relevan, alasan keputusan, serta penyajian metadata EXIF dalam dua bentuk:

1. ringkasan metadata yang hanya menampilkan tag yang benar-benar tersedia untuk menjaga keterbacaan, dan
2. fitur “lihat semua metadata (opsional)” yang menampilkan seluruh tag EXIF fokus penelitian, termasuk tag yang tidak terbaca dengan penanda nilai “-”.

Dengan strategi ini, halaman hasil tetap informatif bagi pengguna umum, namun tetap mendukung kebutuhan audit pada tahap pengujian.

Untuk meningkatkan keterbacaan visual, sistem menerapkan penanda status (*badge*) yang membedakan kategori EXIF, tingkat *Brightness–Contrast*, serta keputusan akhir. Penanda tersebut membantu pengguna mengidentifikasi pola hasil secara cepat, misalnya kondisi EXIF “Sebagian” atau kategori *Brightness–Contrast* “tinggi”. Selain itu, halaman hasil menyediakan tombol navigasi menuju halaman unggah dan halaman diagram agar alur penggunaan sistem lebih efisien. Sistem juga menampilkan notifikasi singkat berbentuk *toast* setelah analisis selesai sebagai umpan balik bahwa proses berhasil dan hasil telah tersimpan serta dapat diakses pada halaman hasil analisis.

SISTEM ANALISIS KEASLIAN FOTO PRODUK E-COMMERCE
Metadana EXIF & Brightness-Contrast

Unggah Foto Analisis berhasil. Silakan buka menu Hasil Analisis.

Hasil Analisis

Ringkasan hasil analisis foto terakhir yang diunggah (total: 1 foto).

[← Kembali ke Unggah Foto](#) [Lihat Diagram Hasil Analisis →](#)

No	Nama File	Waktu	EXIF	Brightness	Contrast	Kategori BC	Keputusan	Detail
1	IMG_7369.JPEG Tag terisi: 15/12	2026-03-09 17:33:02	Tersedia	117.34	58.75	sedang	Tidak Terindikasi Manipulasi	Lihat

Ringkasan Parameter

- Brightness (0-255): **117.34**
- Contrast (0-255): **58.75**
- Kategori Brightness-Contrast: **sedang**
- Skor BC (0-100): **52**
- Shadow clipping (%): **0.5478**
- Highlight clipping (%): **5.1599**
- C dominan (%): **5.1599**

Catatan: indikator clipping tetapi disimpan untuk kebutuhan pembahasan/validasi.

Metadana EXIF (Ringkas)

- Waktu Foto: 2025:10:25 15:30:04
- Tanggal Dibuat: 2025:10:25 15:30:04
- Tanggal Diubah: 2025:10:25 15:30:04
- Merek Kamera: Apple
- Model Kamera: iPhone 13
- Software: 18.6.2
- Exposure Time: [unreadable]
- ISO: [unreadable]

Gambar 4.11 Halaman *Hasil Analisis* yang menampilkan tabel ringkasan beserta *badge* status.

SISTEM ANALISIS KEASLIAN FOTO PRODUK E-COMMERCE
Metadana EXIF & Brightness-Contrast

Unggah Foto Hasil Analisis Diagram Download

+8 tag lain tersedia (lihat "Lihat semua metadana").

Lihat semua metadana (opsional)

```
{
  "DateTimeOriginal": "2025:10:25 15:30:04",
  "CreateDate": "2025:10:25 15:30:04",
  "ModifyDate": "2025:10:25 15:30:04",
  "Make": "Apple",
  "Model": "iPhone 13",
  "Software": "18.6.2",
  "ExposureTime": "0.0101010101",
  "ISO": "160",
  "FNumber": "2.4",
  "ImageWidth": "4032",
  "ImageHeight": "3024",
  "Orientation": "6",
  "XResolution": "72",
  "YResolution": "72",
  "ResolutionUnit": "2"
}
```

Ringkasan hanya menampilkan metadana yang tersedia. Bagian "Lihat semua metadana" menampilkan seluruh tag (termasuk yang "-").

Alasan Sistem
EXIF tersedia dan Brightness-Contrast berada pada tingkat sedang.

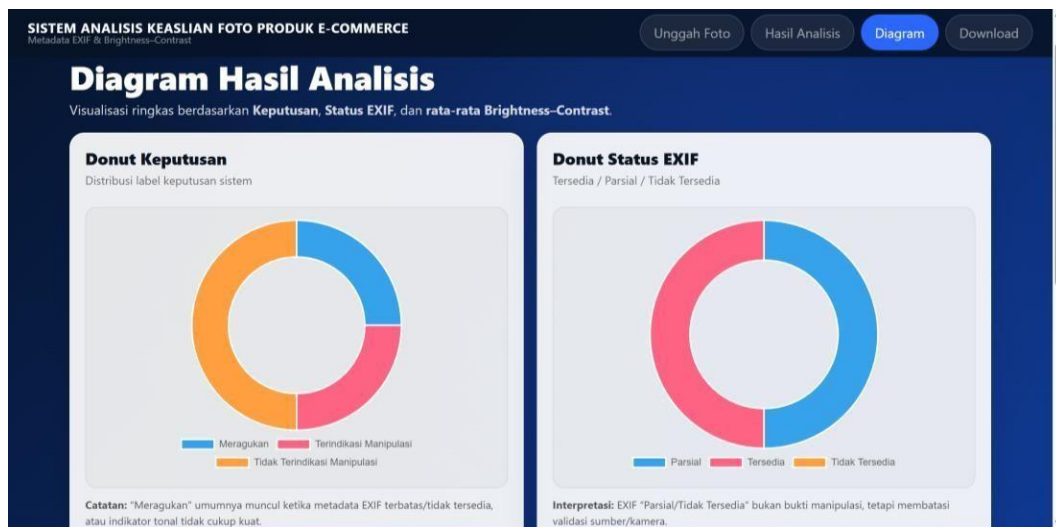
Gambar 4.12 Tampilan “lihat semua metadana (opsional)” yang menampilkan seluruh tag EXIF fokus penelitian beserta nilai “-” untuk tag yang tidak terbaca.

4.2.9. Implementasi Visual Diagram Hasil Analisis

Modul visualisasi dikembangkan untuk menyajikan ringkasan hasil analisis secara cepat dan komparatif. Diagram pada halaman Diagram Hasil Analisis dihasilkan dari sumber data yang sama dengan tabel hasil, yaitu

outputs/hasil_web.csv, sehingga konsistensi keluaran tetap terjaga. Implementasi visual dilakukan menggunakan Chart.js yang diintegrasikan pada template *diagram.html*.

Pada sisi server, data CSV dibaca dan diringkas menjadi beberapa indikator utama, meliputi distribusi keputusan sistem, distribusi status metadata EXIF, serta rata-rata *Brightness* dan *Contrast* (skala 0–255). Ringkasan tersebut dikirim ke sisi klien dalam format JSON dan kemudian dirender sebagai diagram donut (untuk keputusan dan EXIF) serta diagram batang (untuk rata-rata *Brightness–Contrast*). Dengan mekanisme ini, sistem menyediakan representasi visual yang mendukung interpretasi hasil dan presentasi pada tahap evaluasi.



Gambar 4.13 Halaman Diagram Donut Hasil Analisis



Gambar 4.14 Halaman Diagram Batang Hasil Analisis

4.2.10. Implementasi Fitur Unduh (*Download*)

Fitur unduh pada sistem ini disediakan untuk menghasilkan keluaran analisis dalam bentuk berkas yang dapat disimpan dan dimanfaatkan kembali sebagai dokumentasi hasil pengujian. Berkas yang diunduh berasal dari *output* yang sama dengan yang digunakan pada tampilan tabel Hasil Analisis serta visualisasi pada halaman Diagram, yaitu `outputs/hasil_web.csv`. Dengan penggunaan sumber file yang identik, kesesuaian antara keluaran antarmuka dan keluaran berkas tetap terjaga.

Implementasi fitur dilakukan melalui rute `/download` pada `src/app.py`. Ketika pengguna mengakses menu *Download*, sistem terlebih dahulu melakukan pemeriksaan keberadaan file `hasil_web.csv`. Apabila file belum tersedia (misalnya analisis belum dijalankan), sistem menampilkan notifikasi peringatan dan mengarahkan pengguna kembali ke halaman unggah. Sebaliknya, jika file tersedia, sistem mengirimkan berkas tersebut menggunakan fungsi `send_file` dengan

parameter `as_attachment=True`, sehingga berkas diperlakukan sebagai lampiran dan diproses sebagai unduhan oleh browser.

```
@app.route("/download")
def download():
    if not os.path.isfile(OUT_CSV):
        flash("Belum ada file hasil untuk diunduh. Silakan analisis dulu.", "warn")
        return redirect(url_for("index"))
    return send_file(OUT_CSV, as_attachment=True)

if __name__ == "__main__":
    app.run(debug=True)
```

Gambar 4.15 Impelementasi Code Fitur Unduh

4.3. Hasil Analisis Sistem terhadap Sampel Foto Produk

Tabel 4.6 Hasil Analisis Sistem

NO	File	Exif	BC Kategori	<i>Brightness</i>	<i>Contrast</i>	Keputusan
1.		Sebagian	rendah	135.88	71.07	Meragukan
2.		Sebagian	rendah	156.73	28.21	Meragukan
3.		Sebagian	tinggi	134.68	65.85	Terindikasi manipulasi

4.		Sebagian	sedang	127.43	76.09	Meragukan
5.		Sebagian	sedang	88.06	68.06	Meragukan
6.		Sebagian	sedang	169.92	52.25	Meragukan
7.		Sebagian	rendah	176.69	63.89	Meragukan
8.		Sebagian	tinggi	184.4	60.99	Terindikasi Manipulasi
9.		Sebagian	sedang	138.61	58.57	Meragukan
10.		Sebagian	tinggi	232.62	25.82	Terindikasi Manipulasi

4.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi analisis forensik digital terhadap keaslian foto produk *e-commerce* mampu berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Pengujian difokuskan pada verifikasi bahwa seluruh komponen sistem, mulai dari proses penerimaan input berupa unggahan foto, proses analisis metadata EXIF dan pengolahan citra *Brightness–Contrast*, hingga penyajian output berupa hasil analisis, visualisasi diagram, dan file laporan yang dapat diunduh, berjalan secara konsisten dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Pengujian sistem pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan pengujian fungsional berbasis *black-box*, yaitu metode pengujian yang menilai kesesuaian hasil keluaran sistem terhadap masukan yang diberikan tanpa memeriksa struktur internal kode program. Dengan pendekatan ini, sistem diuji berdasarkan skenario penggunaan yang merepresentasikan kondisi nyata penggunaan aplikasi.

Dataset pengujian menggunakan foto produk pakaian dari platform *e-commerce* Shopee yang telah dikumpulkan sesuai dengan batasan penelitian. Foto tersebut terdiri dari lima subkategori produk pakaian, yaitu blouse, kemeja, dress, pakaian tidur, dan kaos. Setiap foto dianalisis oleh sistem untuk mengekstraksi

metadata EXIF serta menghitung parameter *Brightness* dan *Contrast* yang kemudian digunakan dalam proses penentuan keputusan berbasis aturan.

4.4.1. Skenario Pengujian

Skenario pengujian disusun untuk mengevaluasi setiap tahapan proses pada sistem berdasarkan alur *input–proses–output*. Pada tahap *input*, pengujian dilakukan dengan mengunggah satu hingga sepuluh file foto dengan format yang didukung oleh sistem, yaitu JPG, JPEG, dan PNG. Tahap proses mencakup ekstraksi metadata EXIF menggunakan ExifTool serta pengolahan citra menggunakan OpenCV untuk menghitung nilai *Brightness* dan *Contrast*. Sementara itu, tahap *output* mencakup penampilan hasil analisis pada halaman sistem, visualisasi diagram, serta pembuatan file laporan dalam format CSV.

Setiap skenario pengujian mencakup beberapa komponen penting, yaitu kondisi masukan yang diberikan, langkah pengujian yang dilakukan, keluaran yang diharapkan, serta hasil aktual yang diperoleh dari sistem. Dengan adanya skenario pengujian ini, proses evaluasi terhadap sistem dapat dilakukan secara terstruktur dan sistematis.

4.4.2. Pengujian Fungsional (*Blackbox*)

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur utama pada sistem dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Metode pengujian yang digunakan adalah *black-box* testing, yaitu metode yang menilai kesesuaian fungsi sistem berdasarkan interaksi pengguna tanpa memperhatikan implementasi internal program.

Fungsi yang diuji pada sistem meliputi proses unggah foto, validasi format file, proses analisis metadata EXIF, perhitungan parameter *Brightness* dan

Contrast, penampilan hasil analisis pada halaman web, visualisasi diagram hasil analisis, serta fitur unduh laporan hasil analisis. Pada tahap ini, setiap fungsi diuji dengan memberikan *input* tertentu dan kemudian membandingkan hasil yang dihasilkan oleh sistem dengan *output* yang diharapkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem dapat berjalan dengan baik. Sistem mampu menerima file dengan format yang sesuai, menjalankan proses analisis citra dan metadata secara otomatis, menampilkan hasil analisis pada antarmuka pengguna, serta menghasilkan file laporan yang dapat diunduh oleh pengguna.

Tabel 4.7 Pengujian Fungsional (*Black-Box*) Sistem

ID Uji	Skenario	Input	Langkah Uji	Output yang Diharapkan	Kriteria Lulus
U1	Unggah 1 foto valid	1 file .jpg/.jpeg/.png	Unggah → Analisis	Sistem memproses dan mengarahkan ke halaman Hasil Analisis	Tabel hasil muncul untuk 1 foto
U2	Unggah banyak foto (≤ 10)	2–10 file valid	Unggah → Analisis	Semua file dianalisis dan muncul pada tabel hasil	Jumlah baris sesuai jumlah file
U3	Unggah format tidak valid	.pdf/.webp/.gif	Unggah → Analisis	Sistem menolak file dan menampilkan peringatan	Tidak ada analisis; pesan validasi tampil
U4	Tidak memilih file	kosong	Klik Analisis	Sistem menampilkan peringatan kepada pengguna	Tidak ada file tersimpan; notifikasi tampil
U5	Ekstraksi metadata EXIF	Foto dengan EXIF bervariasi	Analisis	EXIF_Status dan tag fokus tercatat	Kolom EXIF terisi sesuai hasil pembacaan

U6	Perhitungan <i>Brightness–Contrast</i>	Foto valid	Analisis	Nilai <i>Brightness</i> dan <i>Contrast</i> dihitung	Nilai parameter tampil pada hasil
U7	Visualisasi diagram	Data hasil analisis tersedia	Buka halaman Diagram	Diagram donut keputusan dan status EXIF muncul	Diagram tampil tanpa error
U8	<i>Download</i> hasil analisis	File CSV tersedia	Klik <i>Download</i>	Sistem mengunduh file hasil analisis	File CSV berhasil diunduh

4.4.3. Pengujian Validasi Data

Pengujian validasi data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam proses analisis memenuhi kriteria yang telah ditetapkan dalam penelitian ini. Proses validasi mencakup pemeriksaan terhadap format file yang diunggah, keterbacaan citra oleh pustaka OpenCV, serta keberhasilan proses ekstraksi metadata menggunakan ExifTool.

Sistem hanya menerima file gambar dengan format JPG, JPEG, dan PNG. Apabila pengguna mengunggah file dengan format selain yang didukung, sistem akan menolak file tersebut dan menampilkan pesan peringatan kepada pengguna. Selain itu, sistem juga memverifikasi bahwa file gambar yang diunggah dapat dibaca oleh OpenCV sehingga proses pengolahan citra dapat dilakukan dengan benar.

Pada tahap ekstraksi metadata, sistem membaca sejumlah tag EXIF yang telah ditentukan sebagai fokus penelitian, seperti *DateTimeOriginal*, *CreateDate*, *ModifyDate*, *Make*, *Model*, *Software*, *Exposure Time*, *ISO*, *FNumber*, *Resolution*, *Orientation*. Apabila suatu tag metadata tidak tersedia pada foto yang dianalisis,

sistem tetap menampilkan tag tersebut dengan nilai "-" untuk menjaga konsistensi struktur data pada hasil analisis.

▼ **Lihat semua metadata (opsional)**

```
"DateTimeOriginal": "-",
"CreateDate": "-",
"ModifyDate": "-",
"Make": "-",
"Model": "-",
"Software": "-",
"ExposureTime": "-",
"ISO": "-",
"FNumber": "-",
"ImageWidth": 1024,
"ImageHeight": 1024,
"Orientation": "-",
"XResolution": 1,
"YResolution": 1,
"ResolutionUnit": 0,
"Resolution": "1 x 1 (Unit: 0)"
```

Ringkasan hanya menampilkan metadata yang tersedia. Bagian "Lihat semua metadata" menampilkan seluruh tag (termasuk yang "-").

Gambar 4.16 Tag EXIF menjaga konsistensi struktur data

4.4.4. Pengujian Aturan Keputusan Sistem

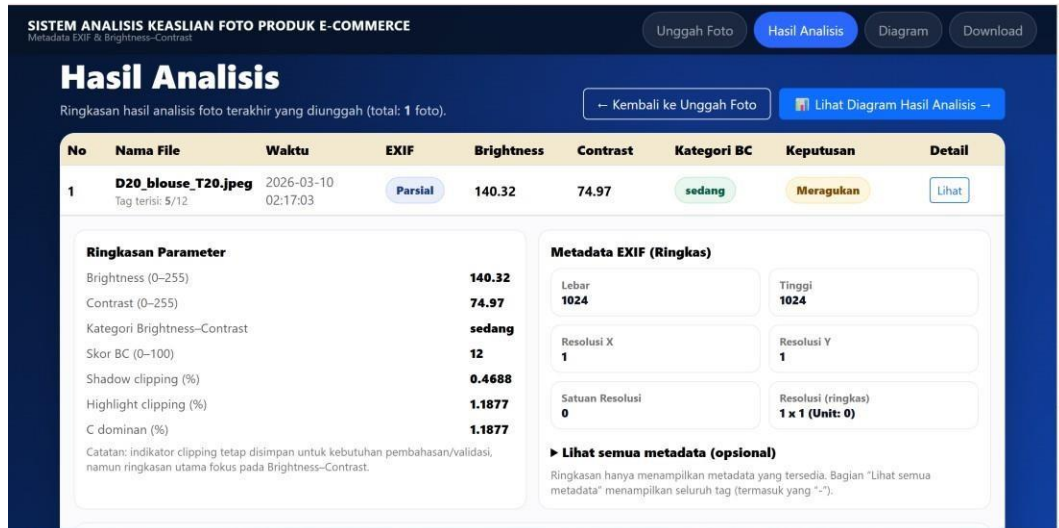
Pengujian aturan keputusan dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menerapkan mekanisme *rule-based decision* secara konsisten dalam menentukan hasil analisis. Keputusan sistem ditentukan berdasarkan dua indikator utama, yaitu status metadata EXIF dan kategori *Brightness-Contrast* yang dihasilkan dari proses pengolahan citra.

Sistem menghasilkan tiga kemungkinan keputusan, yaitu Tidak Terindikasi Manipulasi, Meragukan, dan Terindikasi Manipulasi. Keputusan tersebut ditentukan berdasarkan kombinasi nilai dari indikator yang dianalisis. Sebagai contoh, apabila metadata EXIF tersedia dan kategori *Brightness-Contrast* berada pada tingkat sedang, maka sistem akan menghasilkan keputusan Tidak Terindikasi Manipulasi. Sebaliknya, apabila nilai *Brightness- Contrast* berada pada kategori tinggi, sistem akan memberikan indikasi Terindikasi Manipulasi.

Tabel 4.8 Matriks Aturan Keputusan Sistem

Status EXIF	Kategori <i>Brightness-Contrast</i>	Kondisi Analisis	Keputusan Sistem	Penjelasan
Tersedia	Sedang	Metadata lengkap dan distribusi tonal normal	Tidak Terindikasi Manipulasi	Sistem menemukan metadata EXIF yang cukup lengkap dan nilai <i>Brightness-Contrast</i> berada pada kategori sedang sehingga foto dianggap tidak menunjukkan indikasi manipulasi.
Tersedia	Tinggi	Distribusi kontras sangat tinggi atau tidak wajar	Terindikasi Manipulasi	Nilai kontras yang sangat tinggi dapat mengindikasikan adanya proses pengolahan citra seperti peningkatan kontras atau manipulasi visual.
Sebagian	Sedang	Sebagian metadata tersedia	Meragukan	Keterbatasan metadata menyebabkan sistem tidak dapat memverifikasi sumber foto secara penuh sehingga keputusan bersifat meragukan.
Tidak Tersedia	Semua kategori	Metadata EXIF tidak ditemukan	Meragukan	Ketiadaan metadata membatasi kemampuan sistem dalam melakukan verifikasi sumber gambar sehingga hasil analisis dikategorikan meragukan.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil keputusan yang dihasilkan oleh sistem dengan aturan keputusan yang telah ditentukan pada tahap perancangan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menerapkan aturan keputusan secara konsisten terhadap setiap kombinasi kondisi yang diuji.



Gambar 4.17 Sistem mampu menerapkan aturan keputusan secara konsisten

4.4.5. Pengujian *Ouput* Laporan

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil analisis yang ditampilkan pada antarmuka sistem konsisten dengan data yang tersimpan dalam file laporan hasil analisis. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan data pada halaman hasil analisis, diagram visualisasi, dan file CSV yang dapat diunduh oleh pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang ditampilkan pada tabel hasil analisis identik dengan data yang tersimpan dalam file hasil_web.csv. Selain itu, visualisasi diagram yang ditampilkan oleh sistem juga menggunakan sumber data yang sama sehingga nilai yang ditampilkan pada grafik sesuai dengan data analisis yang tersimpan.

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, sistem analisis keaslian foto produk *e-commerce* yang dikembangkan mampu menjalankan seluruh proses utama secara konsisten. Sistem berhasil melakukan validasi *file input*, mengekstraksi metadana EXIF, menghitung parameter *Brightness* dan *Contrast*, serta menghasilkan keputusan analisis yang sesuai dengan aturan yang telah

dirancang. Selain itu, hasil analisis yang ditampilkan pada antarmuka sistem juga terbukti konsisten dengan data yang tersimpan pada file laporan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan tujuan pengembangan dan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam analisis awal keaslian foto produk pada platform *e-commerce*.

Tabel 4.9 Verifikasi Konsistensi *Output* Sistem

Komponen Sistem	Sumber Data	Langkah Verifikasi	Output yang Diharapkan	Hasil Verifikasi
Tabel Hasil Analisis	<i>outputs/hasil_web.csv</i>	Membandingkan jumlah baris dan nilai parameter pada halaman hasil analisis dengan isi file CSV	Data pada tabel sistem identik dengan data yang tersimpan pada file CSV	Konsisten
Diagram Hasil Analisis	<i>outputs/hasil_web.csv</i>	Memastikan data yang digunakan untuk membuat diagram berasal dari file CSV yang sama	Nilai pada diagram sesuai dengan data hasil analisis	Konsisten
File <i>Download</i>	<i>outputs/hasil_web.csv</i>	Mengunduh file hasil analisis dan membandingkan isi file dengan data pada tabel hasil	File yang diunduh identik dengan hasil analisis terakhir	Konsisten
Detail Metadata EXIF	Data hasil ekstraksi ExifTool	Membandingkan metadata yang tampil pada halaman detail dengan metadata yang tersimpan di CSV	Metadata yang tampil sesuai dengan hasil ekstraksi sistem	Konsisten

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis forensik digital terhadap keaslian foto produk *e-commerce* melalui metadata EXIF dan pengolahan citra *Brightness–Contrast*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah sistem berbasis web yang mampu melakukan analisis awal terhadap keaslian foto produk *e-commerce* dengan memanfaatkan kombinasi analisis metadata EXIF dan pengolahan citra digital. Sistem dikembangkan menggunakan *framework* Flask serta memanfaatkan perangkat lunak ExifTool untuk ekstraksi metadata dan pustaka OpenCV untuk proses pengolahan citra.
2. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan beberapa proses utama secara terintegrasi, yaitu menerima input berupa unggahan foto, mengekstraksi metadata EXIF, menghitung parameter *Brightness* dan *Contrast* dari citra digital, serta menentukan keputusan analisis menggunakan pendekatan *rule-based decision*. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel hasil analisis, visualisasi diagram, serta file laporan yang dapat diunduh dalam format CSV.
3. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh fitur utama aplikasi dapat berjalan dengan baik. Sistem mampu memproses file gambar dengan format yang didukung, mengekstraksi metadata EXIF secara otomatis, menghitung parameter *Brightness* dan *Contrast*, serta menghasilkan keputusan analisis yang sesuai dengan aturan yang telah dirancang.

4. Berdasarkan hasil analisis terhadap dataset foto produk yang digunakan dalam penelitian, sistem mampu memberikan indikasi awal mengenai kemungkinan manipulasi pada foto berdasarkan kombinasi ketersediaan metadata EXIF dan karakteristik distribusi tonal citra. Dengan demikian, pendekatan analisis metadata dan pengolahan citra dapat digunakan sebagai metode awal dalam proses identifikasi keaslian foto produk pada platform *e-commerce*.
5. Sistem yang dikembangkan dapat berfungsi sebagai alat bantu analisis awal dalam bidang forensik digital, khususnya dalam mendeteksi indikasi manipulasi pada foto produk yang beredar pada platform *e-commerce*.

5.2. Saran

Meskipun sistem yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi analisis sesuai dengan tujuan penelitian, masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan sistem pada penelitian selanjutnya.

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset yang lebih besar dan lebih beragam agar hasil analisis yang diperoleh dapat memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi foto produk pada platform *e-commerce*.
2. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini masih berbasis aturan (*rule-based decision*). Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan pendekatan yang lebih kompleks dengan memanfaatkan

metode *machine learning* atau *deep learning* untuk meningkatkan akurasi deteksi manipulasi citra.

3. Sistem yang dikembangkan saat ini hanya menggunakan dua indikator utama, yaitu metadata EXIF dan parameter *Brightness-Contrast*. Pada penelitian selanjutnya, indikator analisis dapat diperluas dengan menambahkan teknik analisis citra lainnya, seperti analisis histogram, analisis tekstur, atau metode deteksi manipulasi citra digital lainnya.
4. Pengembangan sistem selanjutnya juga dapat mencakup peningkatan pada aspek antarmuka pengguna agar sistem menjadi lebih interaktif serta lebih mudah digunakan oleh pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis di bidang forensik digital.
5. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan dalam bentuk platform yang lebih luas, seperti integrasi dengan sistem monitoring *marketplace* atau aplikasi berbasis *cloud*, sehingga analisis foto produk dapat dilakukan secara lebih otomatis dan dalam skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliansi, A., & Hijjayanti, K. (2020). Menggunakan Exif Metadata. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, 5(1).
- Azhari, Z. I., Setumin, S., Noorsal, E., & Abdullah, M. H. (2023). Digital image enhancement by brightness and contrast manipulation using Verilog hardware description language. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(2), 1346–1357. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp1346-1357>
- Bahreisy, M. N., Pratama, A. R., Munzi, G. G., & Eka, Y. (2025). *EXIF Metadata Feature Extraction to Improve Source Device Identification Accuracy in Digital Images within a Digital Forensics Approach*. 15(2), 57–63.
- Bataineh, B. (2023). Brightness and Contrast Enhancement Method for Color Images via Pairing Adaptive Gamma Correction and Histogram Equalization. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(3), 124–134. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140314>
- Bharathiraja, S., Kanna, B. R., Geetha, S., & Hariharan, M. (2022). Exposing digital image forgeries from statistical footprints. *Journal of Information Security and Applications*, 69(August), 103273. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2022.103273>
- Bijaksana, A., & Tahcfulloh, S. (2022). *Digital Image Processing for Height Measurement Application Based on Python OpenCV and Regression Analysis*. 6(December), 763–770.
- Bisri, H., & Marzuki, M. I. (2024). Forensik Citra Digital Menggunakan Metode Error Level Analysis, Clone Detection dan Exif Untuk Deteksi Keaslian Gambar. *G- Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 186–195.
- Dubey, H., Bhatt, S., & Negi, L. (2023). Digital Forensics Techniques and Trends: A Review. *International Arab Journal of Information Technology*, 20(4), 644–654.

<https://doi.org/10.34028/iajit/20/4/11>

Faradilla, P., Rezky, S. F., & Hamdani, R. (2022). *Implementasi Metode Kernel Konvolusi Dan Contrast Stretching Untuk Perbaikan Kualitas Citra Digital*. 1(November), 865–875.

Hariyadi, D. (2022). *Buku Panduan Dasar Forensik Digital* (Issue November 2022).
<https://www.researchgate.net/publication/365993681>

Harvey, P. (n.d.). *ExifTool*. <https://exiftool.org/>

Hash, A. N. (2023). *ANALISIS FORENSIK PENGGUNAAN FUNGSI HASH DALAM MENENTUKAN KEASLIAN VIDEO , METADATA IMAGE DAN MAGIC*. 2(2).
<https://doi.org/10.20885/snati.v2i2.21>

Hu, R., Liu, Y., Wang, Z., & Li, X. (2021). Blind quality assessment of night-time image. *Displays*, 69(June), 102045. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2021.102045>

Jaya Syafar, Z., Salim, Y., & Rachman Manga, A. (2025). Analisis Penerapan Metode Exif Metadata Dan Metode Error Level Analysis Untuk Pengolahan Forensic Digital. *LINIER: Literatur Informatika & Komputer*, x(1), 129–135.
<https://exifmeta.com/>.

Jin, X., Chen, X., & Zhou, Z. (2022). *International Journal of Information Management*
The impact of cover image authenticity and aesthetics on users ' product-knowing and content-reading willingness in social shopping community. 62(November 2020).

Journal, I., Firdonsyah, A., & Wijayanto, D. (2022). *Analisis Forensik Rekayasa Dokumen PDF dengan Metode*. 7(2), 121–127.

Khairunnisak, K., Ashari, H., & Kuncoro, A. P. (2020). Analisis Forensik Untuk Mendeteksi Keaslian Citra Digital Menggunakan Metode Nist. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(2), 72–81.
<https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v3i2.634>

Klasén, L., Fock, N., & Forchheimer, R. (2024). The invisible evidence: Digital forensics

as key to solving crimes in the digital age. *Forensic Science International*, 362(July).

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112133>

Kumar, U., & Kumar, S. (2021). Optik Genetic algorithm based adaptive histogram equalization (GAAHE) technique for medical image enhancement. *Optik*, 230(January), 166273. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.166273>

Li, C., Zhu, J., Bi, L., Zhang, W., & Liu, Y. (2022). A low-light image enhancement method with brightness balance and detail preservation. In *PLoS ONE* (Vol. 17, Issue 5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262478>

Maulana, A., Auliatunnajah, F., Rosidin, N., & Rizki, M. R. (2024). *Implementasi OpenCV dengan Metode Image Thresholding pada Gambar*. 2(1), 27–32.

Mustika Asih, E. (2024). Analisis pada Shopee sebagai E-Commerce Terpopuler di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Bisnis Antartika*, 2, 2024–2073. www.mckinsey.com,

Nataraj, L., Goebel, M., Mohammed, T. M., Chandrasekaran, S., & Manjunath, B. S. (2021). Holistic image manipulation detection using pixel cooccurrence matrices. *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology*, 2021(4). <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2021.4.MWSF-277>

Prasetyo, B., Alamsyah, Muslim, M. A., Subhan, & Baroroh, N. (2021). Automatic geotagging using GPS EXIF metadata of smartphone digital photos in tree planting location mapping. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042001>

Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital dan Histogram dengan Python dan Teks Phycharm. *Jurnal Ilmiah "Technologia"*, 11(3), 181–186.

Riani, L., Zahra, A., Kurniawan, F., Valenza, I. L., & Darmansah, F. Z. (2024). *SiCitra : Aplikasi Berbasis Web untuk Pemrosesan Citra Digital Menggunakan OpenCV*. 10(2).

Runtuwene, E. R., Kumajas, S. C., & Kainde, Q. C. (2024). *FACE IDENTIFICATION USING IMAGE PROCESING WITH THE NATIONAL INSTITUTE OF*

STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST) METHOD IDENTIFIKASI WAJAH MENGGUNAKAN IMAGE PROCESSING DENGAN METODE NATIONAL INSTITUTE OF SANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). 5(4), 375–384.

- Siber, I. (2025). *PENERAPAN METODOLOGI FORENSIK DIGITAL NIST SP 800-86 PASCA SERANGAN RANSOMWARE LOCKBIT 3 . 0 Implementation of the NIST SP 800-86 Digital Forensic Methodology After the LockBit 3 Ransomware Attack.* 8(1), 55–58.
- Simarmata, E. (2022). *Implementasi Metode High Pass Filtering Dan Metode Contras Streching Dalam Perbaikan Kualitas Citra.* 2(2), 31–38.
- Soni, N. (2025). Forensic Value of Exif Data: An Analytical Evaluation of Metadata Integrity across Image Transfer Methods. *Perspectives in Legal and Forensic Sciences*, 2(2), 10006–10006. <https://doi.org/10.70322/plfs.2025.10006>
- Vijayalakshmi, D. (2021). *A Novel Contrast Enhancement Technique using Gradient-Based Joint Histogram Equalization.* 3929–3967.
- Zou, H., Yang, P., Ni, R., & Zhao, Y. (2021). *Anti-Forensics of Image Contrast Enhancement Based on Generative Adversarial Network.* 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6663486>

Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk ECommerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast

ORIGINALITY REPORT

14% SIMILARITY INDEX	13% INTERNET SOURCES	6% PUBLICATIONS	8% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	1%
3	Submitted to Universitas Sumatera Utara Student Paper	1%
4	core.ac.uk Internet Source	< 1%
5	jurnal.unimed.ac.id Internet Source	< 1%
6	repository.upi.edu Internet Source	< 1%
7	Submitted to UPN Veteran Yogyakarta Student Paper	< 1%
8	ojs.ibm.ac.id Internet Source	< 1%
9	digilib.uinkhas.ac.id Internet Source	< 1%
10	ouci.dntb.gov.ua Internet Source	< 1%
11	www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id Internet Source	< 1%

12 Miroslav Olvecký, Marian Host'ovecký. "Digital image forensics using EXIF data of digital evidence", 2021 19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2021
Publication < 1%

13 Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Student Paper < 1%

14 eprints.amikom.ac.id
Internet Source < 1%

15 text-id.123dok.com
Internet Source < 1%

16 journal.umpr.ac.id
Internet Source < 1%

17 repository.its.ac.id
Internet Source < 1%

18 Submitted to South University
Student Paper < 1%

19 repository.unpkediri.ac.id
Internet Source < 1%

20 Submitted to ECPI College of Technology
Student Paper < 1%

21 ojs.ikm.mk
Internet Source < 1%

22 Submitted to Liverpool John Moores University
Student Paper < 1%

23 www.koreascience.or.kr
Internet Source < 1%

24 Jing Li, Yushun Lu, Nanyan Shen, Junhao Pu, Zehui Ma. "Adaptive image enhancement and dynamic-template-matching-based edge extraction method for diamond roller on-machine profile measurement", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2022
Publication

25 repository.usu.ac.id
Internet Source

26 123dok.com
Internet Source

27 download.bibis.ir
Internet Source

28 pure.bit.edu.cn
Internet Source

29 kc.umn.ac.id
Internet Source

30 elmi.hbku.edu.qa
Internet Source

31 digilib.uin-suka.ac.id
Internet Source

32 perpusteknik.com
Internet Source

33 Pei Lu, Kunming Liang, Xiaoyong Liu, Xi Lu, Ansheng Li. "SDA-Det: A Subpixel-aware Dual-domain Artifact Detector for AI-Generated Image Detection", Expert Systems with Applications, 2026
Publication

34 jsi.politala.ac.id

Internet Source

< 1 %

35

Jodi Hendrawan, Ika Devi Perwitasari, Zata Hasyati, Deby Safitri Hasanah. "Model UML Sistem Informasi Monitoring Pembayaran SPP Siswa SMA Negeri 1 Binjai", Jurnal Minfo Polgan, 2024

Publication

< 1 %

36

doaj.org

Internet Source

< 1 %

37

repository.dinamika.ac.id

Internet Source

< 1 %

38

Submitted to Universitas Airlangga-1

Student Paper

< 1 %

39

Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta

Student Paper

< 1 %

40

id.123dok.com

Internet Source

< 1 %

41

jfu.fmipa.unand.ac.id

Internet Source

< 1 %

42

journal.global.ac.id

Internet Source

< 1 %

43

ojs.trigunadharma.ac.id

Internet Source

< 1 %

44

repositori.usu.ac.id:8080

Internet Source

< 1 %

45

repository.ukdw.ac.id

Internet Source

< 1 %

46

repository.unissula.ac.id

Internet Source

< 1 %

47 www.joiv.org < 1 %
Internet Source

48 Submitted to Universitas Respati Indonesia < 1 %
Student Paper

49 repository.binadarma.ac.id < 1 %
Internet Source

50 subset.id < 1 %
Internet Source

51 Submitted to Curtin University LTI < 1 %
Student Paper

52 Defen He, Qian Jiang, Xin Jin, Zien Cheng, Shuai Liu, Shaowen Yao, Wei Zhou. "MCDC-Net: Multi-scale forgery image detection network based on central difference convolution", IET Image Processing, 2023 < 1 %
Publication

53 Submitted to Politeknik Negeri Lhokseumawe Turnitin < 1 %
Student Paper

54 adoc.pub < 1 %
Internet Source

55 docplayer.info < 1 %
Internet Source

56 repositori.uma.ac.id < 1 %
Internet Source

57 Submitted to Universitas Tarumanagara < 1 %
Student Paper

58 ebin.pub < 1 %
Internet Source

59	Muhammad Rafi Nugraha, Dimas Galih, Ria Rezkika, Wasis Haryono. "RANCANG BANGUN APLIKASI MANAJEMEN PROYEK BERBASIS WEB MENGGUNAKAN REACT DAN SUPABASE PADA YAYASAN SA'ADATUL ATHOLIBIN", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Publication	< 1 %
60	Submitted to Universitas Muslim Indonesia Student Paper	< 1 %
61	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	< 1 %
62	journal.lembagakita.org Internet Source	< 1 %
63	mafiadoc.com Internet Source	< 1 %
64	scholar.hit.edu.cn Internet Source	< 1 %
65	www.ejournal.um-sorong.ac.id Internet Source	< 1 %
66	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur Student Paper	< 1 %
67	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	< 1 %
68	dblp.org Internet Source	< 1 %
69	Fitriani Nursanti. "PERANCANGAN APLIKASI KIRIMBARENG BERBASIS FLUTTER PADA PT BOMA DIGITAL NUSANTARA", PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer, 2026	< 1 %

70 Rayhan Ramdhany Hanaputra, Khoerina Sa'adah, Rahmat Purwoko. "Identifikasi Digital Evidence dalam Transaction Fraud pada WhatsApp Desktop berdasarkan NIST SP 800-86: Studi Kasus Bisnis Properti", JURNAL FASILKOM, 2024

Publication

71 Rommi Kaestria, Anggri Lukman Djatta, Muhammad Erfan, Elok Faiqotul Himmah. "Penerapan Metodologi Forensik Digital NIST SP 800-86 Pasca Serangan Ransomware Lockbit 3.0", Jurnal Sains Komputer dan Teknologi Informasi, 2025

Publication

72 Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

73 Submitted to Universitas Pamulang

Student Paper

74 repository.unair.ac.id

Internet Source

75 Widya Ayu Lestari. "KLASIFIKASI KONDISI MENTAL MAHASISWA DARI CITRA EKSPRESI WAJAH DEEP SIAMESE NETWORK", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026

Publication

76 www.mdpi.com

Internet Source

77 www.researchgate.net

Internet Source

78 eprints.dinus.ac.id

Internet Source

79 eprints.universitaspurabangsa.ac.id < 1 %
Internet Source

80 geograf.id < 1 %
Internet Source

81 www.jurnal.unsyiah.ac.id < 1 %
Internet Source

82 Anggoro Mukti Aji, Diva Safira, Fadilah Andini
Ramadhani, Dina Maulina. "Sistem Informasi
Inventaris Berbasis Website dengan
Framework Codeigniter 4 pada SMKN 2
Yogyakarta", Journal Automation Computer
Information System, 2025 < 1 %
Publication

83 Submitted to Universitas Pancasila < 1 %
Student Paper

84 dspace.uui.ac.id < 1 %
Internet Source

85 eprints.upj.ac.id < 1 %
Internet Source

86 es.scribd.com < 1 %
Internet Source

87 journal.upgris.ac.id < 1 %
Internet Source

88 news.palcomtech.com < 1 %
Internet Source

89 repository.pelitabangsa.ac.id:8080 < 1 %
Internet Source

90 repository.ppns.ac.id < 1 %
Internet Source

91 repository.unjaya.ac.id
Internet Source

< 1 %

92 repository.unpas.ac.id
Internet Source

< 1 %

93 researchhub.id
Internet Source

< 1 %

94 scripta.up.edu.mx
Internet Source

< 1 %

95 skripsi.tunasbangsa.ac.id
Internet Source

< 1 %

96 texashistory.unt.edu
Internet Source

< 1 %

97 Ridatu Oca Nitra, Muhamad Ryansyah.
"Implementasi Sistem Keamanan Jaringan
Menggunakan Firewall Security Port pada
Vitaa Multi Oxygen", Jurnal Sistem dan
Teknologi Informasi (JUSTIN), 2019
Publication

< 1 %

98 Wulan Purnamasari, Elza Syarief, Rina S.
Shahrullah. "The Conflict of Trade Secret
Protection and Workers' Rights in Non-
Competition Clauses", SIGn Jurnal Hukum,
2023
Publication

< 1 %

99 blogparepare.blogspot.com
Internet Source

< 1 %

100 bogreolen.dk
Internet Source

< 1 %

101 doslide.net
Internet Source

< 1 %

102 journal.uii.ac.id

Internet Source

< 1 %

103 repository.uinbanten.ac.id
Internet Source

< 1 %

104 repository.unej.ac.id
Internet Source

< 1 %

105 repository.ung.ac.id
Internet Source

< 1 %

106 sinta.unud.ac.id
Internet Source

< 1 %

107 twelvifebrina.com
Internet Source

< 1 %

108 www.meutiadiary.com
Internet Source

< 1 %

109 www.sciepublish.com
Internet Source

< 1 %

110 www.scribd.com
Internet Source

< 1 %

111 Ömer KASIM. "Deep learning-based efficient and robust image forgery detection",
Multimedia Tools and Applications, 2024
Publication

< 1 %

112 doku.pub
Internet Source

< 1 %

113 ejournal.unesa.ac.id
Internet Source

< 1 %

114 Muhammad Fitra Fajar Rusamsi Author, Aries
Suharso Author, Chaerur Rozikin Author.
"PENERAPAN PENGENALAN WAJAH
MENGUNAKAN CNN DAN DETEKSI LOKASI

< 1 %

HAVERSINE UNTUK PRESENSI SEKOLAH BERBASIS WEB", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025

Publication

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk ECommerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/0

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105

PAGE 106

PAGE 107

PAGE 108

PAGE 109

PAGE 110

PAGE 111

PAGE 112

PAGE 113

PAGE 114

PAGE 115

PAGE 116

PAGE 117

PAGE 118

PAGE 119

PAGE 120

PAGE 121

PAGE 122

PAGE 123

PAGE 124

[syntax] Submission Acknowledgement

1 pesan

Ibnu Rusydi <ojs@dharmawangsa.ac.id>
Kepada: Nadia Pratiwi <nadapratwiii05@gmail.com>

7 Mei 2026 pukul 14.17

Nadia Pratiwi:

Thank you for submitting the manuscript, ""Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E- Commerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast"" to Syntax : Journal of Software Engineering, Computer Science and Information Technology. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://jurnal.dharmawangsa.ac.id/index.php/syntax/author/submission/8762>

Username: nadia_2005

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Ibnu Rusydi

Syntax : Journal of Software Engineering, Computer Science and Information Technology

Terima Kasih

Syntax:

Journal of Software Engineering, Computer Science and Information Technology

<http://jurnal.dharmawangsa.ac.id/index.php/syntax>



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Belajar menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fkti.umsu.ac.id>

fkti@umsu.ac.id

[f/umsuMEDAN](#)

[@umsuMEDAN](#)

[umsuMEDAN](#)

[umsuMEDAN](#)

Berita Acara Pembimbingan Skripsi

Nama Mahasiswa : Nadia Pratiwi Program Studi : Sistem Informasi
NPM : 2209010050 Judul Penelitian : Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast
Nama Dosen Pembimbing : Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
04 / 12 / 2025	Bimbingan judul dan pemberian SK 1	
10 / 12 / 2025	Perbaikan rumusan masalah	
16 / 12 / 2025	Bimbingan Revisi bab 2 dan 3	
8 / 01 / 2026	ACC Seminar Proposal	
16 / 02 / 2026	Bimbingan dan Revisi sistem.	
23 / 02 / 2026	Acc sistem	
03 / 02 / 2026	Revisi Bab 4 & 5	
10 / 03 / 2026	ACC sidang	
06 / 04 / 2026	ACC form revisi skripsi.	



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fikti.umsu.ac.id>

fikti@umsu.ac.id

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.linkedin.com/company/umsumedan)

Medan, 10 Maret 2026

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi

(Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M.Kom)

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

(Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom)



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Halaman ini adalah bagian dari dokumen resmi dan terakreditasi

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/EAN/PT/AK/P/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

Website: www.umsu.ac.id

Email: eks@umsu.ac.id

Facebook: [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

Instagram: [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

Twitter: [umsumedan](https://twitter.com/umsumedan)

LinkedIn: [umsumedan](https://www.linkedin.com/company/umsumedan)

ACC JILID LUX

Nama Mahasiswa : Nadia Pratiwi
NPM/ Prodi : 2209010050 / Sistem Informasi
Judul Skripsi : Analisis Forensik Digital terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce melalui Metadata EXIF dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast
Dosen Pembimbing : Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom

NO	DOKUMEN YANG PERLU DIPERSIAPKAN	Paraf Prodi
1	Form Revisi Sidang	✓
2	Turnitin Max 30%	✓
3	Lembar pengesahan	✓
4	File Jurnal (Templete) / HKI, Bukti submit jurnal	✓
5	Lembar Bimbingan Min 8X	✓
6	Serah terima alat dan Program	✓
7	Serah terima source code/ Apk	✓
8	Kesesuaian template Skripsi	✓

Medan, 07 Mei 2026

Ka.Prodi/Sek.Prodi
Sistem Informasi

(Mahardika Abdi Prawira
Tanjung, S.Kom., M.Kom)

Note Untuk Mahasiswa

- Jurnal tidak harus terakreditasi SINTA
- File artikel Jurnal sudah disesuaikan dengan templete jurnal yang dituju



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Disahkan sesuai dengan Peraturan Menteri dan Universitas

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppy/PT/18/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

www.umsumed.ac.id

bas@umsumed.ac.id

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI

Pada hari ini, Jumat 13 Maret 2026 telah dilaksanakan Ujian Skripsi bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sbb:

Nama Mahasiswa : Nadia Pratiwi
NPM : 209010050
Program Studi : Sistem Informasi
Judul Proposal : Analisis Forensik Digital Terhadap Keaslian Foto Produk E-Commerce Melalui Metadata EXIF Dan Pengolahan Citra Brightness-Contrast

Materi/Point yang Diperbaiki :

		Paraf
Mahardika Prawira Tanjung, S.Kom.,M.Kom.	N/A	
Farid Akbar Siregar S.Kom., M.Kom.	TABEL PENGUJIAN	
Mulkan Azhari, S.Kom.,M.Kom.	Salah satu Perbaikan untuk sesuai dengan bab 06 pengujian	

Berita acara ini ditandatangani setelah skripsi diperbaiki sesuai petunjuk/arahan dari Pembimbing dan Penguji/Pembahas.