

## **Analisis Komparatif Kinerja *Tools* Forensik Digital *Online* dan *Offline* pada Foto Tumbuhan Hijau**

**Muhammad Fawaz Saputra<sup>1)</sup>, Hario Jati Setyadi<sup>1)</sup>, Muhammad Zulfariansyah<sup>1)</sup>,  
Imam Muhammad Hakim<sup>2)</sup>, Gubtha Mahendra Putra<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Sistem Informasi, Universitas Mulawarman

<sup>2)</sup> Teknik Elektro, Universitas Mulawarman

<sup>3)</sup> Informatika, Universitas Mulawarman

E-mail: muhammadfawaz@unmul.ac.id

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja *tools* forensik digital *online* dan *offline* dalam menganalisis metadata dan artefak digital pada foto tumbuhan hijau. Penggunaan foto sebagai bukti dalam kasus kejahatan lingkungan, seperti perdagangan tanaman ilegal, membutuhkan metode forensik yang andal. Seiring banyaknya *tools* forensik digital yang tersedia, penting untuk mengevaluasi efektivitasnya, terutama dalam konteks aksesibilitas dan kemampuannya. Penelitian ini menggunakan metode NIST SP 800-86. Skenario kasus menggunakan sampel foto tumbuhan hijau digunakan untuk dijadikan objek pengujian. *Tools* yang dipilih mencakup aplikasi berbasis web (*online*) dan *software* desktop (*offline*). Kinerja setiap alat diukur berdasarkan parameter kelengkapan informasi yang diekstrak, seperti data EXIF (*Exchangeable Image File Format*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tools* forensik digital *online*, seperti EXIF.*tools*, menawarkan kelengkapan data yang lebih tinggi, sedangkan *Autopsy* memiliki keunggulan analisis mendalam tanpa ketergantungan pada koneksi internet. Dari hasil komparasi, EXIF.*tools* menunjukkan keunggulan sekitar 53.33% dibandingkan dengan *Autopsy* yang memiliki sekitar 46.67%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tidak ada satu pun *tools* yang unggul secara mutlak, di mana *Autopsy* ideal untuk analisis mendalam, sementara EXIF.*tools* unggul karena menghasilkan informasi yang lebih lengkap. Temuan ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi ahli forensik dalam memilih *tools* yang tepat untuk kasus-kasus terkait foto lingkungan.

Kata Kunci: Foto Tumbuhan Hijau, *Autopsy*, EXIF.*tools*, NIST SP 800-86, *Tools* Forensik Digital

### **ABSTRACT**

*This study aims to compare the performance of online and offline digital forensic tools in analyzing metadata and digital artifacts from photographs of green plants. The use of photos as evidence in environmental crimes, such as the illegal plant trade, requires reliable forensic methods. Numerous digital forensic tools available, it's crucial to evaluate their effectiveness, particularly regarding accessibility and capability. This research employed the NIST SP 800-86 methodology. A case scenario using photo of green plants was used as the test object. The selected tools included web-based application (online) and desktop software (offline). The performance of each tool was measured based on the completeness of the information extracted, such as EXIF (Exchangeable Image File Format) data. The results show that online digital forensic tools, such as Autopsy, tend to offer data completeness. While Autopsy has the advantage of in-depth analysis without dependence on an internet connection. From the comparative results, EXIF.tools shows an advantage of approximately 53.33% compared to Autopsy, which had about 46.67%. This study concludes that there is no single superior tool. Autopsy is ideal for in-depth analysis, while EXIF.tools excels by providing more complete information. These findings are expected to serve as a guide for forensic experts in selecting the appropriate tools for environmental photo cases.*

Keyword: Green Plant Photo, *Autopsy*, EXIF.*tools*, NIST SP 800-86, Digital Forensic Tools

## **1. Pendahuluan**

Di era digital saat ini, setiap orang memiliki kemudahan akses untuk mengambil dan berbagi foto, citra digital telah berevolusi menjadi salah satu bentuk media paling dominan untuk merekam dan

mendokumentasikan berbagai peristiwa, termasuk yang berkaitan dengan kasus kejahatan (Romadhoni, A., 2023). Dalam konteks forensik, foto digital sering kali berperan sebagai barang bukti krusial yang dapat mengungkap informasi vital mengenai suatu insiden. Digital forensik dapat digunakan untuk mengungkap bukti kejahatan digital dan konvensional yang memiliki barang bukti elektronik sesuai dengan pasal 5 ayat (1) UU ITE (Herman et al., 2024). Salah satu contoh kasus yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah kejahatan lingkungan, khususnya perdagangan tumbuhan hijau ilegal. Foto-foto tumbuhan hijau yang diunggah ke internet atau dibagikan melalui platform media sosial sering menjadi petunjuk awal yang sangat berharga bagi pihak berwenang. Namun, tantangan besar muncul ketika keaslian dan integritas foto tersebut dipertanyakan. Keabsahan foto sebagai bukti hukum sangat bergantung pada kemampuannya untuk diverifikasi secara andal, dan setiap manipulasi, baik disengaja maupun tidak, dapat merusak integritasnya dan membuat bukti tersebut tidak dapat diterima di pengadilan.

Kebutuhan akan verifikasi yang andal ini melahirkan dan mengembangkan bidang forensik digital, sebuah disiplin ilmu yang khusus menangani akuisisi, preservasi, analisis, dan penyajian data dari perangkat digital. Di dalamnya, terdapat cabang spesifik bernama forensik citra digital, yang secara eksklusif berfokus pada analisis mendalam terhadap gambar dan foto untuk mendeteksi tanda-tanda manipulasi, memverifikasi keaslian, dan mengekstraksi metadata tersembunyi yang menyimpan jejak digital (Saber, A.H. et al., 2020). Dengan semakin majunya teknologi, beragam *tools* forensik bermunculan, mulai dari aplikasi mandiri (*offline*) yang memerlukan instalasi, hingga layanan berbasis web (*online*) yang dapat diakses langsung. Perkembangan ini, meskipun mempermudah proses investigasi, juga menimbulkan dilema baru: bagaimana para penyidik dan ahli forensik dapat memilih *tools* forensik digital yang paling efektif di antara banyaknya opsi yang tersedia? Pertanyaan ini menjadi dasar dari rumusan masalah penelitian ini, yaitu membandingkan kinerja *tools* forensik digital *online* dan *offline* untuk menentukan kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam konteks analisis foto tumbuhan hijau.

Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja *tools* forensik digital *online* dan *offline* dalam menganalisis metadata dan artefak digital pada foto tumbuhan hijau. Perbandingan ini tidak hanya sekadar mengukur kemampuan dasar, tetapi juga mengevaluasi efektivitasnya berdasarkan parameter kritis kelengkapan informasi yang berhasil diekstrak. Metodologi yang digunakan mengadopsi standar yang telah diakui secara internasional, yaitu NIST SP 800-86, sebuah panduan untuk investigasi forensik digital (Agustiono, W., 2024). Dengan menerapkan metodologi ini, penelitian akan melakukan pengujian mendalam terhadap *tools* forensik digital populer seperti *Autopsy* (sebagai perwakilan aplikasi *offline*) dan *EXIF.tools Online* (sebagai perwakilan aplikasi *online*). *EXIF.tools* digunakan dalam penelitian ini karena banyak menampilkan file metadata yang tersembunyi pada foto yang dianalisis (Subli, M., 2024). *Autopsy* memiliki kemampuan dalam analisis mendalam Roads, N. X., & Rahman, A. (2024). Hasil komparasi pada penelitian sebelumnya juga memberikan hasil yang lebih baik pada data aktivitas transaksi dompet digital dan ekstraksi metadata (Umar, R., 2024; Roads, N. X., & Rahman, A. 2024; Kolla, V. R. K. 2022). Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu berfokus pada kelengkapan informasi *tools* forensik digital dalam mengekstrak EXIF metadata. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan praktis yang berharga bagi para praktisi di bidang hukum dan investigasi, membantu mereka dalam membuat keputusan yang tepat saat memilih *tools* forensik yang paling sesuai dengan kebutuhan investigasi, dan pada akhirnya, memperkuat integritas bukti digital dalam sistem peradilan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini membandingkan kinerja *tools* forensik digital *online* dan *offline* dalam menganalisis foto. Metodologi yang digunakan mengadopsi empat tahapan utama sesuai dengan standar NIST SP 800-86, yaitu *Collection*, *Examination*, *Analysis*, dan *Reporting*. Metode NIST SP 800-86, menerapkan langkah yang lebih sederhana dalam 4 tahapan, sehingga metode NIST SP 800-86 dipilih karena merupakan metode yang dikembangkan langsung oleh lembaga pengembang standar dan panduan teknologi terutama, selain itu metode ini juga lebih sederhana dalam 4 tahapan, lebih singkat dan cocok dengan tema penelitian (Dedek Julian et al., 2023; Yuladi, A. I., & Indrayani, R. 2023).



**Gambar 1.** Tahapan Metode NIST SP 800-86

## **A. Tahapan Penelitian**

### **1) Collection**

Proses pengumpulan data dan dan persiapan secara forensik untuk menjaga integritasnya. Untuk memastikan objektivitas, disiapkan dua jenis sampel, yaitu foto asli yang tidak dimanipulasi dan foto yang sengaja dimanipulasi. Sampel dari barang bukti dan peralatan yang digunakan untuk proses yang relevan dengan kasus perdagangan tumbuhan hijau ilegal. Proses ini guna untuk menjaga integritas data dan memastikan tidak ada perubahan yang tidak terduga pada file.

### **2) Examination**

Selanjutnya, tahap *Examination* bertujuan untuk melakukan tinjauan awal terhadap bukti digital. Pada tahap ini, sampel foto akan diperiksa menggunakan dua tool yang telah ditentukan sebagai perwakilan, yaitu *Autopsy* (sebagai *tool* offline) dan *EXIF.tools Online* (sebagai *tools* online). Pemeriksaan awal ini akan mencatat informasi dasar setiap sampel dan memverifikasi integritas file menggunakan *hash value* yang telah dibuat.

### **3) Analysis**

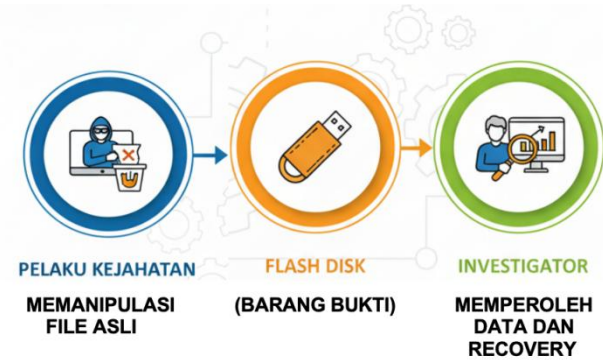
Tahap inti dari penelitian ini adalah *Analysis*, di mana data dari setiap sampel foto digital diproses dan dievaluasi. Analisis akan berfokus pada kelengkapan informasi (jumlah dan relevansi data yang diekstrak). Setiap sampel akan diuji secara sistematis melalui kedua *tools*, dan hasilnya akan dicatat untuk perbandingan.

### **4) Reporting**

Pada tahapan *Reporting*, berisi laporan analisis dari tahapan sebelumnya, semua temuan dari tahapan sebelumnya dikonsolidasikan dan disajikan dalam laporan yang terstruktur. Laporan ini akan mencakup ringkasan metodologi, hasil perbandingan dalam bentuk tabel dan narasi, serta diskusi mendalam mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing *tools*.

## **B. Skenario Kasus**

Penelitian ini menggunakan skenario kasus kejahatan Dalam skenario ini, kasus bermula dari tindakan seorang pelaku yang dikenal sebagai “Pencuri Foto”. Pelaku menggunakan foto-foto tumbuhan hijau untuk menyebarkan informasi palsu secara *online*, mengklaim bahwa foto-foto tersebut adalah tumbuhan hijau miliknya. Kemudian pelaku memanipulasi foto tersebut seakan-akan tumbuhan tersebut milik si pelaku.



**Gambar 2.** Skenario Kasus

### 1. Tahapan Skenario Kasus

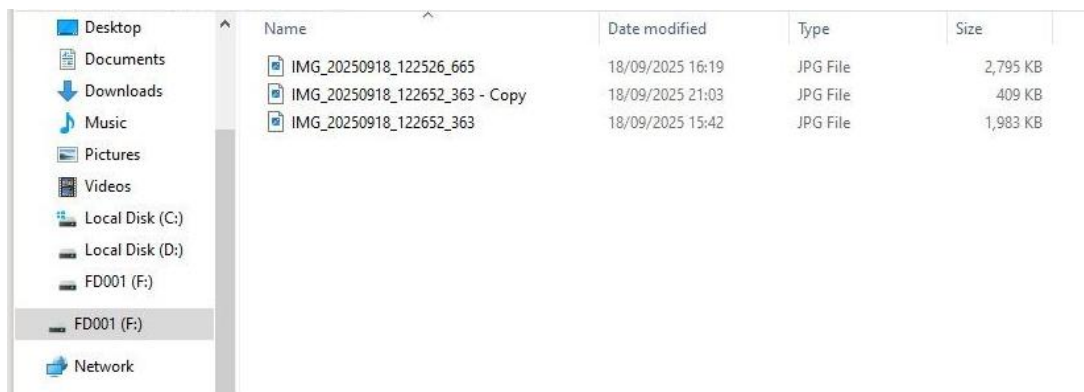
- 1) Pelaku mendapatkan foto tumbuhan hijau milik orang lain.
- 2) Pelaku memanipulasi foto tersebut agar seakan-akan terlihat sebagai milik si pelaku.
- 3) Pelaku memanfaatkan foto tersebut, mengubah nama pemilik foto dan data lainnya kemudian memasukkan foto tersebut ke *marketplace*, seakan-akan pelaku memiliki barang tersebut.
- 4) Penyelidikan kemudian membawa tim forensik digital ke sebuah flash disk yang disita dari pelaku. Investigator forensik, yang mahir dalam analisis digital, mencari dan mengetahui bahwa foto tersebut telah dimanipulasi. Dengan menggunakan perangkat lunak forensik digital khusus seperti *Autopsy*, investigator memulai proses pemulihan data.
- 5) Kerja kerasnya membuahkan hasil, investigator forensik digital berhasil memperoleh kembali (*recovery*) foto asli yang telah dimanipulasi. Analisis terhadap metadata foto-foto tersebut, seperti tanggal pengambilan dan jenis kamera, mengonfirmasi bahwa foto-foto itu ternyata milik orang lain, sepenuhnya berbeda dari klaim yang disebarkan pelaku untuk menjual tumbuhan hijau tersebut. Bukti digital yang kuat ini kemudian menjadi kunci untuk membuktikan niat jahat pelaku dalam menyebarkan hoaks dan menguatkan dakwaan di pengadilan.

### 2. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini disimpan di dalam *Flashdisk*, agar bisa digunakan untuk analisis *tools* forensik digital yang akan dibandingkan. *Flashdisk* ini memiliki kapasitas 4GB, file foto disimpan di dalam *flashdisk* ini. Aplikasi *Autopsy* membutuhkan sebuah *disk* untuk dianalisis, file foto disimpan ke dalam *flashdisk* agar *Autopsy* bisa menjalankan tugasnya.



**Gambar 3.** *Flashdisk* yang digunakan dalam Penelitian Ini



**Gambar 4.** Data yang digunakan dalam Penelitian ini

Foto yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara langsung oleh penulis menggunakan kamera *Handphone* miliknya. *Handphone* dengan sistem operasi android merk INFINIX dan jenis kamera Infinix X6873.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan alat bantu untuk melakukan analisis forensik, agar penelitian berjalan dengan lancar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Alat dan Bahan

Nama	Spesifikasi	Jenis
Laptop	HP Envy 14, Windows 10	Perangkat Keras
Flashdisk	Caviar, 4GB	Perangkat Keras
EXIF.tools	Online Tools, <a href="https://exif.tools/">https://exif.tools/</a>	Perangkat Lunak Online
Autopsy	Versi 4.22.1 Berjalan di Sistem Operasi Windows	Perangkat Lunak Offline
Handphone	INFINIX, Android	Perangkat Keras

#### 1) Collection

Skenario kasus dalam penelitian ini yaitu, sampel foto digital yang akan dianalisis dikumpulkan dan dipersiapkan secara forensik untuk menjaga integritasnya. Untuk menjaga integritas data, investigator membuat salinan forensik dari perangkat tersebut. Proses ini memastikan bahwa data asli pada flash disk tidak diubah sama sekali. Sebagai bukti integritas, sebuah hash *value* unik dihasilkan dari salinan forensik ini, berfungsi sebagai sidik jari digital yang dapat diverifikasi di setiap tahap berikutnya. Tindakan ini merupakan langkah fundamental untuk memastikan bahwa bukti yang dikumpulkan dapat diterima di pengadilan. Sampel ini terdiri dari foto tumbuhan hijau yang relevan dengan kasus perdagangan tumbuhan hijau ilegal. Untuk memastikan objektivitas, disiapkan dua jenis sampel, yaitu foto asli yang tidak dimanipulasi dan foto yang sengaja diubah metadata atau artefak digitalnya. Hash *value* (SHA-256) dari setiap file dibuat pada awal dan akhir proses untuk memastikan tidak ada perubahan yang tidak terduga pada file.





**Gambar 5.** Sampel Foto Tumbuhan Hijau

Tanaman yang ada di foto tersebut adalah *Aglaonema*, dikenal juga sebagai *Chinese Evergreen*. *Aglaonema* adalah tanaman hias yang sangat populer karena perawatannya yang relatif mudah dan keindahan corak daunnya yang beragam (Nugrahani, P. et al, 2024). Tanaman ini cocok ditempatkan di dalam ruangan karena tidak memerlukan banyak cahaya matahari langsung. Daunnya yang bercorak kemerahan dan mengkilap membuatnya terlihat sehat dan indah.

## 2) *Examination*

Sampel foto akan diperiksa menggunakan dua *tools* yang telah ditentukan sebagai perwakilan, yaitu *Autopsy* (sebagai *tool offline*) dan *EXIF.tools Online* (sebagai *tools online*). Pemeriksaan awal ini akan mencatat informasi dasar setiap sampel dan memverifikasi integritas file menggunakan *hash value* yang telah dibuat. Salinan forensik dari *flash disk* kemudian dianalisis secara mendalam menggunakan perangkat lunak *Autopsy*. Pada tahap ini, investigator mencari jejak digital yang relevan, termasuk file yang terhapus atau disembunyikan. Melalui fitur data *carving* dan *file recovery*, tim berhasil menemukan dan memulihkan foto asli tanaman yang sebelumnya telah dimanipulasi oleh pelaku. Perbandingan antara foto yang telah dimanipulasi (yang diunggah ke marketplace) dan foto asli yang dipulihkan menunjukkan adanya modifikasi yang jelas, seperti penghilangan objek atau perubahan warna.

**Tabel 2.** Analisis Komparatif Alat Forensik *Digital Autopsy* dan *EXIF.Tools*

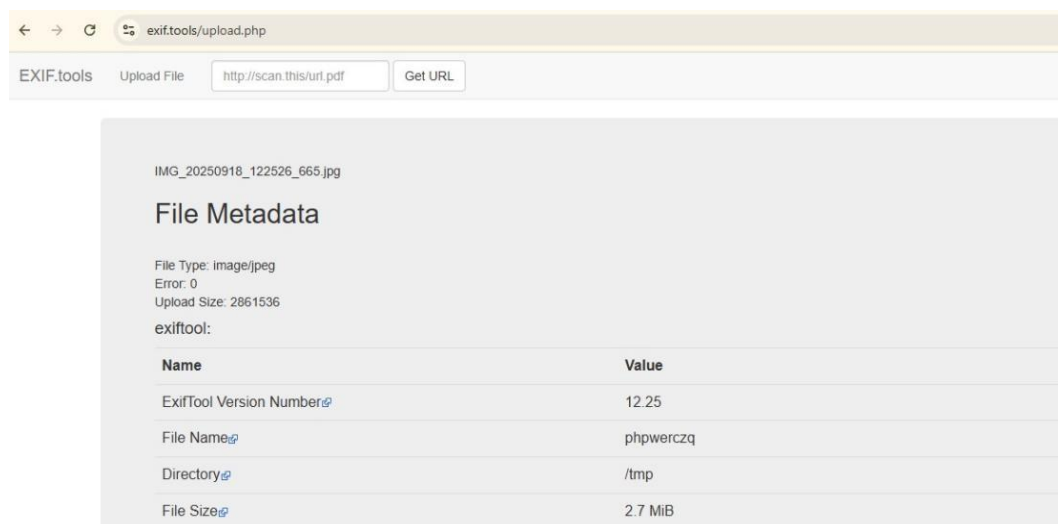
Alat	EXIF.tools	Autopsy
<b>Tujuan Alat</b>	Menganalisis metadata (EXIF) gambar secara mendalam.	Analisis forensik yang komprehensif, mencakup metadata, riwayat sistem, dan sumber file.
<b>Identitas Perangkat</b>	Mengidentifikasi produsen INFINIX dan model kamera sebagai Infinix X6873.	Mengidentifikasi produsen INFINIX dan model Infinix X6873.
<b>Data dan Waktu</b>	Menunjukkan waktu pembuatan, modifikasi, dan pengambilan gambar yang sama, yaitu 2025:09:18 12:25:25.947.	Mencatat beberapa stempel waktu sistem yang berbeda: Modified (16:19:33), Accessed (20:25:26), dan Created (20:05:47).

Alat	EXIF.tools	Autopsy
<b>Ukuran File</b>	Menunjukkan ukuran file 2.7 MiB	Menunjukkan ukuran file 2,861,536 bytes.
<b>Lokasi atau Sumber File</b>	Tidak memberikan informasi lokasi atau sumber unduhan file.	Mengidentifikasi sumber unduhan dari <a href="https://web.whatsapp.com/">https://web.whatsapp.com/</a> .
<b>Informasi Teknis Gambar</b>	Menyediakan rincian seperti resolusi 2976x3968 <i>piksel</i> , <i>exposure time</i> 1/100 , <i>F Number</i> 1.9 , dan <i>focal length</i> 5.9 mm.	Tidak secara eksplisit merangkum semua rincian teknis tersebut dalam laporan yang disediakan.

### 3) Analysis

Fase analisis berfokus pada interpretasi temuan dari tahap pemeriksaan. Investigator menganalisis metadata dari foto asli yang berhasil dipulihkan. Metadata ini berisi informasi tersembunyi yang sangat berharga, seperti tanggal dan waktu pengambilan foto, serta jenis kamera atau perangkat yang digunakan. Analisis ini secara meyakinkan membuktikan bahwa foto tersebut diambil pada waktu yang berbeda dan dengan perangkat yang tidak sesuai dengan klaim pelaku. Temuan ini tidak hanya mengonfirmasi bahwa foto itu bukan miliknya, tetapi juga menunjukkan adanya niat jahat untuk menipu calon pembeli.

EXIF.tools adalah sebuah alat *online* yang digunakan untuk menganalisis dan menampilkan metadata dari berbagai jenis file, terutama file gambar. Metadata ini, yang sering disebut data EXIF (Exchangeable Image File Format), berisi informasi terperinci tentang sebuah file. Alat ini biasa digunakan oleh jurnalis investigasi, dan siapa saja yang ingin memverifikasi keaslian atau mendapatkan informasi tambahan dari sebuah file gambar. Dengan menganalisis metadata, seseorang dapat memastikan apakah sebuah gambar telah diedit atau memverifikasi detail teknis yang relevan.



**Gambar 6.** EXIF Metadata dari EXIF.tools

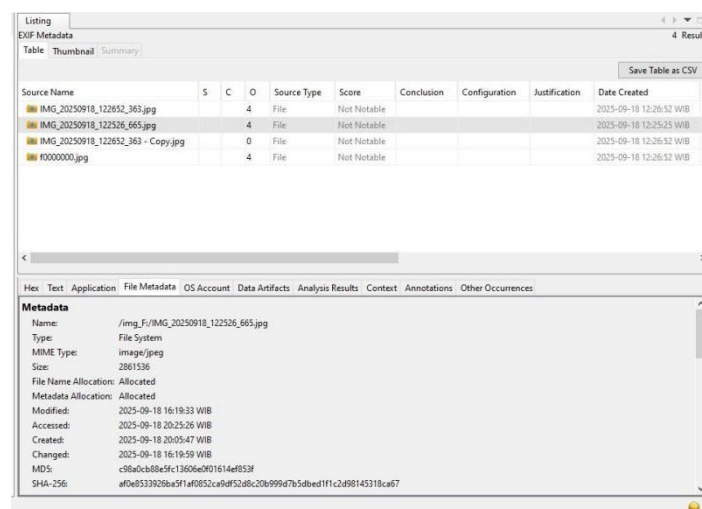


Y Cb Cr Sub Sampling	YCbCr4:2:0 (2 2)
Aperture	1.9
Image Size	2976x3968
Megapixels	11.8
Scale Factor To 35 mm Equivalent	3.9
Shutter Speed	1/100
Create Date	2025:09:18 12:25:25.947
Date/Time Original	2025:09:18 12:25:25.947
Modify Date	2025:09:18 12:25:25.947
Thumbnail Image	(Binary data 49792 bytes, use -b option to extract)
Circle Of Confusion	0.008 mm
Field Of View	76.1 deg
Focal Length	5.9 mm (35 mm equivalent: 23.0 mm)
Hyperfocal Distance	2.39 m
Light Value	8.1

Gambar 7. EXIF Metadata dari EXIF.tools

File gambar yang dianalisis menggunakan EXIF.tools di atas berformat JPEG dengan nama file IMG\_20250918\_122526\_665.jpg berukuran 2.7 MB. File ini diunggah ke sebuah server dan disimpan di direktori /tmp. Informasi metadata berisi tanggal modifikasi, tanggal akses, dan tanggal perubahan inode. Alat yang digunakan untuk menganalisis metadata ini adalah Exif.tools versi 12.25.

*Autopsy* adalah sebuah platform forensik digital sumber terbuka (open-source) yang digunakan untuk menganalisis hard drive dan smartphone. Sebagai alat investigasi, *Autopsy* dirancang untuk membantu penyidik dalam menelusuri data, menemukan bukti, dan menganalisis aktivitas pengguna secara sistematis. Dalam penelitian ini *Autopsy* digunakan untuk melihat file metadata yang ada di dalam data penelitian.



Source Name	S	C	O	Source Type	Score	Conclusion	Configuration	Justification	Date Created
IMG_20250918_122526_363.jpg			4	File	Not Notable				2025-09-18 12:26:32 WIB
IMG_20250918_122526_665.jpg			4	File	Not Notable				2025-09-18 12:25:25 WIB
IMG_20250918_122526_363 - Copy.jpg			0	File	Not Notable				2025-09-18 12:26:32 WIB
00000000.jpg			4	File	Not Notable				2025-09-18 12:26:32 WIB

Metadata	
Name:	/img_f/IMG_20250918_122526_665.jpg
Type:	File System
MIME Type:	image/jpeg
Size:	2861536
File Name Allocation:	Allocated
Metadata Allocation:	Allocated
Modified:	2025-09-18 16:19:33 WIB
Accessed:	2025-09-18 20:25:26 WIB
Created:	2025-09-18 20:05:47 WIB
Changed:	2025-09-18 16:19:59 WIB
MD5:	c56a0cb88e5fc13606e091614ef853f
SHA-256:	a0e8533920ba5f1af0852ca9df5248c20b999d7b5dbed1f1c2d98145318ca67

Gambar 8. EXIF Metadata dari Autopsy



Source Name	S	C	O	Source Type	Score	Conclusion	Configuration	Justification	Date Created
IMG_20250918_122652_363.jpg		4		File	Not Notable				2025-09-18 12:26:52 WIB
IMG_20250918_122652_665.jpg		4		File	Not Notable				2025-09-18 12:26:52 WIB
IMG_20250918_122652_363 - Copy.jpg		0		File	Not Notable				2025-09-18 12:26:52 WIB
10000000.jpg		4		File	Not Notable				2025-09-18 12:26:52 WIB

Item	Hex	Text	Application	File Metadata	OS Account	Data Artifacts	Analysis Results	Context	Annotations	Other Occurrences
Items: IMG_20250918_122652_665.jpg										
Aggregate Score: Not Notable										
<b>Analysis Result 1</b>										
Score: Not Notable										
Type: EXIF Metadata										
Configuration:										
Conclusion:										
Justification:										
Date Created: 2025-09-18 12:26:52 WIB										
Device Make: INFINIX										
Device Model: Infinix X6873										
<b>Analysis Result 2</b>										

Gambar 9. Hasil Analisis dari Autopsy

Hasil analisis dari *Autopsy* menunjukkan bahwa ditemukan file foto di dalam perangkat. Metadata menunjukkan variabel-variabel penting, analisis menggunakan konfigurasi EXIF metadata, yang berhasil mengekstrak informasi teknis. Berisi tanggal pembuatan file (date created), informasi perangkat, dan lain-lain. Meskipun file-file ini tidak ditandai sebagai bukti utama secara otomatis, informasi ini sangat penting untuk melacak asal-usul data.

#### 4) Reporting

Seluruh proses investigasi dan temuan didokumentasikan secara rinci dalam sebuah laporan forensik yang sistematis. Laporan ini mencakup metodologi yang digunakan, langkah-langkah yang diambil, serta hasil dari setiap tahapan. Laporan ini juga menyajikan bukti digital (foto asli dan metadata) dengan cara yang jelas dan mudah dipahami, sehingga dapat digunakan sebagai alat bukti yang kuat untuk mendukung dakwaan terhadap pelaku di pengadilan.

Kesimpulan dan rekomendasi praktis akan diberikan untuk membantu para praktisi di bidang hukum dan investigasi dalam membuat keputusan yang tepat saat memilih *tools* forensik yang sesuai dengan kebutuhan mereka, pada akhirnya memperkuat integritas bukti digital dalam sistem peradilan.

*ExifTool* sangat dominan dalam spesialisasi metadata media. Jika fokusnya hanya pada detail teknis sebuah foto atau video, *ExifTool* lebih unggul. *Autopsy* adalah alat forensik digital multi-fungsi yang mencakup banyak aspek investigasi sistem, di mana metadata media hanyalah salah satu bagian kecil dari gambar besar. Keunggulannya terletak pada kemampuannya untuk mengintegrasikan berbagai jenis data.

Tabel 3. Keunggulan dari EXIF.tools dan Autopsy

Alat	EXIF.tools	Autopsy
Keunggulan	Waktu Asli dan Waktu Modifikasi Ada	Waktu Asli dan Waktu Modifikasi Ada
	Jumlah Megapiksel	Lokasi Absolut File
	Exposure Time	Sumber Unduhan
	F Number	Analisis History Web
	Focal Length	Ekstraksi Informasi Akun Pengguna Lebih Luas dan Mendalam

Alat	EXIF.tools	Autopsy
	Aplikasi Kamera	Deteksi Artefak Sistem
	Detail Format Sangat Spesifik	Hash Value
	Resolusi Gambar (Piksel)	

Berdasarkan tabel keunggulan dari masing-masing alat di atas, diperoleh dari perhitungan persentase sebagai berikut:

$$\text{Persentase Keunggulan} = \left( \frac{\text{Jumlah Total Keunggulan}}{\text{Jumlah Keunggulan Alat}} \right) \times 100$$

Berdasarkan perhitungan ini, dalam konteks analisis forensik yang lebih luas yang melibatkan interaksi file dengan sistem operasi, pelacakan asal-usul, dan verifikasi integritas.

$$\text{ExifTool: } \left( \frac{8}{15} \right) \times 100 = 53.33 \%$$

$$\text{Autopsy: } \left( \frac{7}{15} \right) \times 100 = 46.67 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas, EXIF.tools menunjukkan keunggulan sekitar 53.33% dibandingkan dengan Autopsy yang memiliki sekitar 46.67%. Hasil ini tidak menentukan tools forensik digital mana yang lebih unggul secara mutlak, masing-masing tools memiliki spesialisasi untuk tugas tertentu. Fitur-fitur keunggulan yang dihitung berdasarkan tabel perbandingan di atas.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan antara Autopsy (aplikasi offline) dan EXIF.tools Online (aplikasi online), dapat ditarik beberapa kesimpulan penting. Kedua alat forensik ini, menunjukkan performa yang berbeda secara signifikan, yang mencerminkan karakteristik dasar dari model aplikasi mereka masing-masing.

Pertama, Berdasarkan tabel dan penjelasan, meskipun EXIF.tools lebih unggul dalam jumlah fitur spesifik untuk metadata dengan 8 keunggulan, Autopsy menunjukkan keunggulan yang lebih signifikan dalam konteks analisis forensik digital yang lebih luas. Perhitungan persentase mungkin menjadi tidak adil jika tidak mempertimbangkan bobot atau relevansi dari setiap fitur.

Kedua, terkait kelengkapan informasi, Autopsy secara signifikan menawarkan data yang lebih kaya dan detail. Selain metadata standar, Autopsy juga dapat menampilkan informasi forensik lain seperti hash value (untuk verifikasi integritas file), jejak-jejak dari perangkat yang digunakan, dan bahkan data historis yang terkait dengan file tersebut. Kelengkapan ini sangat krusial dalam menyusun bukti hukum yang kuat dan tidak terbantahkan. Sementara itu, EXIF.tools Online terbatas pada informasi metadata dasar (seperti data EXIF) dan seringkali tidak dapat mengekstrak informasi forensik lain yang vital. EXIF.tools menunjukkan keunggulan sekitar 53.33% dibandingkan dengan Autopsy yang memiliki sekitar 46.67%.

Keunggulan Autopsy, seperti analisis web history dan deteksi artefak sistem memiliki dampak yang lebih besar dalam mengungkap gambaran kriminalitas yang lebih kompleks. Autopsy adalah generalis yang sangat efektif untuk investigasi sistem secara keseluruhan. Sedangkan EXIF.tools adalah spesialis yang tak tertandingi untuk detail media, sedangkan. Keduanya bukan saingan, melainkan alat yang saling melengkapi. Seorang forensik digital akan menggunakan EXIF.tools untuk mendapatkan detail spesifik dari sebuah file, kemudian menggunakan Autopsy untuk mengintegrasikan detail tersebut ke dalam konteks investigasi yang lebih besar.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah demonstrasi dan eksplorasi penggunaan tools forensik digital offline (Autopsy) memiliki dua keunggulan dalam hal keunggulan dalam kelengkapan informasi dibandingkan dengan tools forensik digital online (EXIF.tools). Untuk penelitian selanjutnya, dengan data yang lebih kompleks bisa melakukan pengukuran variabel lainnya, seperti kecepatan dalam pemrosesan data di antara kedua tools forensik digital.

## 5. Daftar Pustaka

- Romadhoni, A. (2023). Pengertian Fotografi Jurnalistik Pada Media *Online*. Jurnal IMAJI: Film, Fotografi, Televisi, dan Media Baru, 14(2), 98–104.
- Herman, H., Handrawan, H., Haris, O. K., Abdullah, S. A., Rizky, A., & Indah, S. R. (2024). Penggunaan Digital Forensik dalam Pembuktian Tindak Pidana Pencemaran Nama Baik di Media Sosial Berdasarkan UU ITE. *Halu Oleo Legal Research*, 6(2), 588–603.
- Saber, A. H., Khan, M. A., & Mejbek, B. G. (2020). A Survey on Image Forgery Detection Using Different Forensic Approaches. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(3), 361–370.
- Agustiono, W., Suci, D. W., & Prastiti, N. (2024). Analisis Forensik Digital Menggunakan Metode NIST untuk Memulihkan Barang Bukti yang Dihapus. *Jurnal Teknologi dan Informasi (JATI)*, 174–185.
- Subli, M., Efendi, M. M., & Salman. (n.d.). (2024) Perbandingan Hasil Analisa Foto Hoax Menggunakan Metode Exif/Metadata, Reverse Image Dan Forensics. *IJCCS*, x(x), 798–810.
- Umar, R. (2023). Perbandingan *tools* forensik dalam analisis bukti digital: studi pada aplikasi dompet digital (Autopsy dan Belkasoft). *Jurnal Sistem Informasi dan Forensik Digital*, 5(1), 22–31.
- Roads, N. X., & Rahman, A. (2024). Assessing Autopsy in digital forensics: functionalities and comparative evaluation. *Journal of Information and Operational Studies (JIOS)*, 12(1), 55–68.
- Kolla, V. R. K. (2022). A comparative analysis of OS forensics *tools* (Autopsy dan OSForensics). *International Journal of Research in IT and Management (IJRIM)*, 12(7), 44–55.
- Juliana, D., & Sutabri, T. (2023). Analisa Kinerja Aplikasi Digital Forensik Autopsy untuk Pengembalian Data menggunakan Metode NIST SP 800-86. *Jurnal Informatika Terpadu*, 9(2), 136–142.
- Yuladi, A. I., & Indrayani, R. (2023). Analisis Dan Perbandingan *Tools* Forensik Menggunakan Metode NIST Dalam Penanganan Kasus Kejahatan Siber. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 9(2), 95–100.
- Nugrahani, P., Purnobasuki, H., & Sitawati, S. (2024). Composition of media for in vitro slow growth storage (sgs) of *Aglaonema*. *Ornamental Horticulture*, 30.