



IMPLEMENTASI METODE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST) DALAM ANALISIS FORENSIK UNTUK MENDETEKSI KEASLIAN CITRA DIGITAL

Lina Alfaridah. ZH¹, Yuhandri², Sumijan³

^{1,2,3}Program Pasca Sarjana Magister Teknik Informatika Universitas Putra Indonesia
"YPTK" Padang

^{1,2,3}Jl. Raya Lubuk Begalung, Lubuk Begalung Nan XX, Kec. Lubuk Begalung, Kota
Padang, Sumatera Barat, Kode Pos : 25145

e-mail : ¹lina.alfazh@gmail.com, ²yuyu@upiyptk.ac.id, ³sumijan@upiyptk.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada saat sekarang ini yang demikian pesat diikuti pula dengan berkembangnya sisi negatif dari penggunaan teknologi yang mengarah pada tindakan-tindakan kejahatan terutama dalam bidang citra digital. Memanipulasi citra digital dengan cara mengubah kualitas citra menggunakan software dan aplikasi editing yang semakin canggih tanpa meninggalkan jejak visual kasat mata dapat dengan mudah dilakukan dan merusak kredibilitas orisinalitas citra dalam berbagai aspek. Citra digital adalah salah satu jenis digital evidence yang merupakan sebuah kombinasi titik, garis, bidang dan warna untuk merepresentasikan sebuah objek yang di capture. Data pada citra digital berisi beragam informasi sehingga citra digital digunakan sebagai barang bukti di dalam persidangan dan ranah digital forensik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kredibilitas keaslian citra digital menggunakan tools forensik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan framework National Institute of Standards and Technology (NIST) dan Error Level Analysis (ELA). Metode ini memiliki empat tahapan yaitu collection, examination, analysis, dan reporting. Data yang diolah dalam penelitian ini bersumber dari bagian Dirreskrimsus Polda Sumatera Barat. Data berupa 10 image citra asli dan 10 image manipulasi yang merupakan barang bukti kasus dari Polda Sumatera Barat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai ELA dan metada image citra asli memiliki nilai yang berbeda dengan citra yang telah dimanipulasi. Pada data citra yang telah dimanipulasi dengan metode ELA, terlihat sebaran piksel terlihat tidak merata dan sebaran tingkat kontras citra digital sangat kasar, citra digital editing berubah. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dalam menangani kasus yang berhubungan dengan digital forensik dalam pendeteksian keaslian citra.

Kata kunci : *Citra Digital, Tools Forensik, Digital Forensik, NIST, ELA*

ABSTRACT

The rapid development of technology is accompanied by the development of the negative side of the use of technology which leads to criminal acts, especially in the field of digital images. Manipulating digital images by changing the image quality using increasingly sophisticated editing software and applications without leaving visible visual traces can easily be done and damage the credibility of the image's originality in various aspects. Digital image is a type of digital evidence which is a combination of points, lines, planes and colors to represent an object that is captured. The data in digital images contains a variety of information so that digital images are used as evidence in trials and in digital forensics. This research aims to identify the credibility of the authenticity of digital images using forensic tools. The method used in this research is the National Institute of Standards and Technology (NIST) framework and Error Level Analysis (ELA). This method has four stages, collection, examination, analysis, and reporting. The data processed in this research comes from the Dirreskrimsus Polda West Sumatra section. The data is in the form of 10 original images and 10 manipulated images which are evidence in the case from the West Sumatra Regional Police. The results of this research show that the ELA and image metadata values of original images have different values from images that have been manipulated. In image data that has been manipulated using the ELA method, it can be seen that



the pixel distribution looks uneven and the contrast level distribution of the digital image is very rough, the digital image editing changes. It is hoped that this research will be useful for various parties in handling cases related to digital forensics in detecting image authenticity.

Keywords: *Digital Image, Forensic Tools, Digital Forensics, NIST, ELA*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat sekarang ini yang demikian pesat diikuti pula dengan berkembangnya sisi negatif dari penggunaan teknologi yang mengarah pada tindakan-tindakan kejahatan. Terutama dalam bidang citra digital yang saat ini semakin banyak pilihan, mudah diakses dan berbiaya rendah dalam penggunaan berbagai macam aplikasi maupun *software editing* sebuah citra digital yang menyebabkan hilangnya keaslian dari citra digital tersebut. Memanipulasi citra digital dengan cara melakukan perubahan kualitas citra yang dihasilkan dari citra yang beresolusi rendah, warna yang pudar, *background* yang samar dan berbagai cara lainnya. Kondisi ini dapat menjadi peluang untuk pihak yang tidak bertanggung jawab memanfaatkan situasi tersebut untuk kepentingan tertentu. *Software* dan aplikasi *editing* yang semakin canggih mampu memproses tanpa meninggalkan jejak visual kasat mata, sehingga citra digital tampak seperti asli dan merusak kredibilitas orisinalitas citra dalam berbagai aspek.

Penelitian yang dilakukan oleh Karolina Eka Purnama, *et.al*, menggunakan metode *National Institute of Standards and Technology* (NIST) pada objek foto dengan *tools forensicallybeta* dan *jpgsnoop* untuk mengidentifikasi metadata dan analisis tingkat kesalahan pada bukti digital. Data yang digunakan adalah berupa dua foto yang salah satunya adalah foto asli dan satu lainnya adalah foto manipulasi. Hasil metadata foto manipulasi terdiri dari *Luminance* (ID Tujuan 0) dan *Chrominance* (ID Tujuan 1) dalam tabel 8x8 dengan angka 8 bit. Nilai tinggi pada tabel menunjukkan pembagian kasar dan penurunan kualitas, menunjukkan *assessment class 3*, dimana foto teridentifikasi telah dilakukan pengeditan menggunakan *software editing* Photoshop. Hasil *error level analysis* menunjukkan foto manipulasi terlihat lebih gelap, objek yang sudah dimanipulasi lebih menonjol dan hasil tekstur menggunakan *histogram equalization* terlihat tidak beraturan.

Penelitian lain dilakukan oleh Wicaksono Yuli Sulisty, *et.al*, menggunakan metode teknik pendeteksian rekayasa foto digital *Speeded Up Robust Features* (SURF). Tahapan pertama melakukan gakuisasi data kemudian melakukan

proses ekstraksi dengan hasil akuisisi tersebut. Hasil yang sudah didapat dianalisis menggunakan algoritma SURF, algoritma ini mendeteksi adanya manipulasi pada foto dengan tidak adanya *keypoint* pada beberapa objek yang tidak terhubung. Menggunakan dua buah foto asli dan foto yang telah direkayasa, dilakukan analisis. Rekayasa foto digital dapat dipastikan menggunakan perbandingan kualitas citra pada setiap foto dengan perhitungan MSE, RMSE dan PSNR. Hasil perbandingan nilai kualitas didapat perbedaan antara nilai kualitas pada foto asli dan foto manipulasi, hal tersebut dapat membuktikan bahwa foto tersebut sudah dimanipulasi.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Fitriana Harahap, dengan tujuan penelitian untuk menganalisis sebuah *digital image* yang telah dimanipulasi atau direkayasa dengan menggunakan *software* atau program tertentu. Menggunakan metode *Error Level Analysis* (ELA) yang diperkenalkan oleh Krawetz. Tools yang digunakan adalah Image forensics dan ForensicallyBeta berbasis web. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah terdeteksinya perbedaan kontras noise antara foto asli dan foto manipulasi yang menunjukkan terjadinya perubahan pada foto tersebut. Foto manipulasi dengan cara *image splicing* menghasilkan bintik bintik yang lebih gelap, sedangkan foto yang asli menghasilkan bintik bintik yang lebih terang.

Penelitian lain dilakukan oleh Wiratama, *et.al*, untuk mendapatkan atau mengakuisasi barang bukti pada aplikasi Whatsapp dengan menggunakan metode NIST (*National Institute of Standards and Technology*) serta menerapkan Teknik ELA (*Error Level Analysis*) untuk menganalisis barang bukti berupa gambar yang diapatkan guna memperkuat barang bukti di pengadilan. Tools forensik yang digunakan pada penelitian ini adalah Magnet Axiom dan ForensicallyBeta. Hasil akhir yang didapatkan adalah Magnet Axiom berhasil menemukan beberapa barang bukti, diantaranya pesan percakapan, kontak korban, riwayat panggilan, foto profil dari pelaku, serta gambar. Dengan bantuan tools ForensicallyBeta gambar struk yang diperoleh dapat dianalisis dan diidentifikasi bahwa telah terjadi modifikasi pada bukti struk tersebut, karena terdapat bintik-bintik yang tidak merata atau tidak seimbang serta terlihat adanya perbedaan kontras warnanya.

Penelitian yang dilakukan oleh Hasan Bisri, *et.al*, menggunakan tiga metode citra forensik, yaitu



Error Level Analysis (ELA), *Clone Detection (CD)*, dan *Exchangeable Image File (EXIF)* Metadata untuk melakukan analisis pada citra digital dari berbagai sumber. Simulasi dilakukan dengan menggunakan sampel citra digital original dengan citra digital *editing* untuk menguji keandalan dan efektivitas ketiga metode tersebut. Pembuktian keaslian citra digital dengan metode ELA berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan 94,6% untuk citra digital dengan objek yang memiliki sifat perbedaan tumpukan layer. Pembuktian keaslian citra digital dengan metode CD berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan 94% untuk citra digital dengan objek yang memiliki kemiripan *size splitching*, kontras dan warna yang identik. Pembuktian keaslian citra digital dengan metode EXIF Metadata berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan 98,3% untuk citra yang sudah berubah identitas EXIF nya.

Penelitian lain dilakukan oleh Indrawan A. Saputro, menggunakan metode SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) untuk mendeteksi kecocokan objek pada *image*. Penelitian ini membandingkan antara *image suspect* dengan objek pembanding *reka-image* dengan menggunakan 15 data *image*. Pengujian pada penelitian ini menggunakan 2 simulasi pengujian yaitu simulasi pada saat kondisi siang kecocokan objek *image* suspek dan reka *image* pada saat siang hari. Hasil pengujian analisis kecocokan objek *image* suspek dengan reka *image* yang sama berhasil terdeteksi dengan akurasi 80%.

Penelitian lain dilakukan oleh Faroeq, *et.al*, menggunakan metode *Error Level Analysis (ELA)* dan *Principal Component Analysis (PCA)* untuk melakukan perbandingan hasil deteksi keaslian citra pada *image* untuk mengetahui keaslian citra yang telah dimanipulasi. Data yang digunakan adalah data citra gambar yang dibuat menggunakan skenario gambar asli dan gambar edit. Hasil yang diperoleh adalah teknik ELA menunjukkan perbedaan antara citra asli dan citra yang telah diedit, sama seperti pada teknik PCA dilihat dari komponen warna pada gambar yang telah diedit memiliki kontras warna yang jauh lebih tajam.

Penelitian sebelumnya dilakukan untuk mendeteksi keaslian citra dengan menggunakan tools image forensic berupa FotoForensic, Ghiro, Forensically, dan Jpegsnoop. Teknik yang digunakan penulis adalah dengan teknik Error Level Analysis (ELA), Metadata, dan JPEG Compression. Hasil yang didapat pada pengujian keaslian gambar dengan metode jpeg compression, setiap tools memberikan hasil kompresi yang berbeda namun pada skala perbandingan yang

tidak jauh berbeda. Hasil kompresi pada gambar asli menunjukkan angka kompresi yang lebih besar dibandingkan gambar rekayasa.

Penelitian lain mengenai pendeteksian keaslian citra dilakukan dengan menggunakan exif metadata sebagai indikator. Hasil yang didapat adalah jumlah metadata yang dihasilkan pada gambar yang telah dimanipulasi akan lebih banyak dan juga memberikan informasi mengenai *software* yang digunakan dalam memanipulasi gambar. Penelitian oleh Al-Fajri *et.al*, tentang pendeteksian rekayasa file image menggunakan metode NIST dan tools forensik Forensically Beta dan Jpegsnoop. Data yang digunakan adalah foto rekayasa dan foto asli yang kemudian dibandingkan. Hasil yang diperoleh terdapat perbedaan pada metadata dan juga perbedaan error level analysis pada kedua foto.

Penelitian sebelumnya tentang citra digital untuk mendeteksi kecocokan objek menggunakan metode *Scale Invariant Feature Transform (SIFT)*, data yang digunakan diperoleh dari data CCTV yang dilakukan reka image. Hasil pengujian *precision* dan *recall* mendapat nilai 100% serta tingkat akurasi dari metode SIFT dalam mendeteksi kecocokan image suspek dan reka image memiliki nilai akurasi 100%. Dapat disimpulkan bahwas metode SIFT dapat diimplementasikan untuk mendeteksi kecocokan pada image yang diambil menggunakan CCTV.

Penelitian lain menggunakan metode NIST pada bukti digital dilakukan oleh Rizqi *et.al*. Sumber data dari penelitian ini adalah sebuah simulasi kasus penyebaran berita hoaks pada sosial media Facebook dan Instagram, dimana pada simulasi kasus ini unggahan dan pesan pelaku penyebar hoaks sudah dihapus. File-file yang akan diinvestigasi adalah berupa gambar dan teks dari unggahan dan pesan karena dua jenis media ini yang sering dijadikan sebagai media oleh para penyebar hoaks atau berita palsu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan bantuan aplikasi Magnet Axiom Process dan Magnet Axiom Examine proses forensik pada ponsel bisa dilakukan dengan mudah selain itu hasil perhitungan perbandingan persentase barang bukti digital yang didapatkan menunjukkan aplikasi Instagram mendapatkan barang bukti sebesar 75% sedangkan Facebook hanya sebesar 37,5% dari 12 barang bukti yang ingin didapatkan. ini menunjukkan bahwa barang bukti yang didapatkan oleh aplikasi Instagram jauh lebih banyak dibandingkan Facebook.

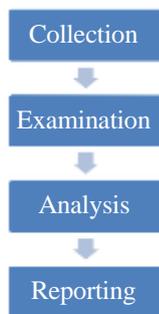
Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini akan membahas tentang pendeteksian keaslian citra digital. Proses pendeteksian akan menggunakan *framework National Institute of Science and Technology (NIST)* dan metode *Error Level Analysis (ELA)*. Metode (ELA) digunakan untuk mendekteksi modifikasi citra dengan menyimpan ulang citra pada level kualitas tertentu, yaitu dengan cara melakukan



kompresi citra dan kemudian melakukan perhitungan terhadap perbedaan pada level kompresi citra. Fungsi analisis nilai ELA dilakukan untuk mengetahui jumlah atau nilai persentase nilai ELA pada citra hasil manipulasi. Hasil perbedaan citra asli dan manipulasi akan diukur berdasarkan data metadata dan nilai hasil ELA yang didapatkan berdasarkan kedua tipe image citra. Penelitian ini mengembangkan penelitian sebelumnya dengan menambahkan data pada metadata sebagai parameter dalam menentukan keaslian sebuah citra. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak untuk menangani kasus yang berhubungan dengan digital forensik dalam mendeteksi keaslian citra.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *framework National Institute of Science and Technology (NIST)* dan metode *Error Level Analysis (ELA)*. NIST adalah sebuah metode yang memiliki empat tahapan, yaitu tahap *Collection* (Pengumpulan Data), *Examination* (Pemeriksaan barang bukti), *Analysis*, dan *Reporting* (Membuat laporan berdasarkan hasil analisis). Langkah- langkah yang akan dikerjakan pada penelitian ini dapat digambarkan dalam kerangka penelitian pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Alur Proses Pada Metode NIST

a. Collection

Tahap ini merupakan tahapan proses identifikasi, pelabelan, perekaman dan pengambilan data dari sumber data yaitu rekayasa skenario citra dengan cara memanipulasi citra berbeda dengan citra aslinya. Pada tahap ini juga dilakukan pengumpulan data yang akan dijadikan barang bukti digital. Data diperoleh dari bagian Dirrekrimsus Polda Sumatera Barat, berupa 10 buah data citra barang bukti kasus. Data yang digunakan merupakan data sekunder karena pada penelitian ini akan menggunakan sebuah ilustrasi pada skenario yang telah dirancang

sebelumnya.

b. Examination

Tahap examination adalah tahap pemrosesan data yang dikumpulkan secara digital forensik menggunakan kombinasi dari berbagai skenario, baik otomatis maupun manual. Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan isian dari barang bukti digital berupa citra gambar dari tool forensik yaitu *ForensicallyBeta* serta membandingkan hasil ELA dan detail metada barang bukti tersebut. *ForensicallyBeta* digunakan untuk mengetahui hasil ELA dan metadata.

c. Analysis

Tahap analisis yakni menganalisis bukti digital yang sudah melewati proses pemeriksaan untuk selanjutnya diproses kembali untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan kasus. Tahap ini dilakukan proses analisis dari hasil pemeriksaan bukti digital berupa *image* citra dari hasil yang sudah diketahui seperti hasil *Error Level Analysis (ELA)* dan metadata.

Metode ELA mengambil suatu gambar digital dan melakukan kompresi pada gambar tersebut. Perbedaan detail pada gambar yang telah direkayasa dengan suatu metode manipulasi akan terlihat pada hasil analisis ELA karena bagian gambar yang dimanipulasi memiliki tingkat konsentrasi pixel yang berbeda dengan gambar asli. Tingkat kecerahan gambar pada hasil akan ditingkatkan untuk memperjelas perbedaan konsentrasi pixel pada bagian yang dimanipulasi.. Parameter yang digunakan dalam *forensicallybeta* untuk penelitian ini, untuk parameter metode ELA adalah:

Tabel 1 Parameter ELA

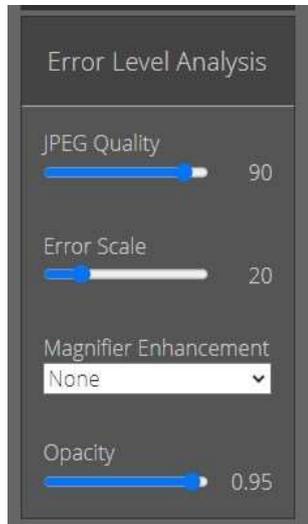
ELA	Parameter	Keterangan
JPEG Quality	90	Kualitas citra digital saat <u>dilakukan analisa</u>
Error Scale	20	Tingkat kesalahan dalam analisa citra digital
Opacity	0,95	Transparasi pada sebuah layer citra digital untuk dapat dilalui cahaya

d. Reporting

Tahap ini dilakukan bentuk pelaporan hasil analisis yang meliputi penggambaran tindakan yang dilakukan yaitu analisis menggunakan metode NIST, penjelasan mengenai alat dan prosedur yang dipilih, memberikan rekomendasi untuk perbaikan kebijakan, prosedur, alat, dan aspek lain dari proses digital forensik.

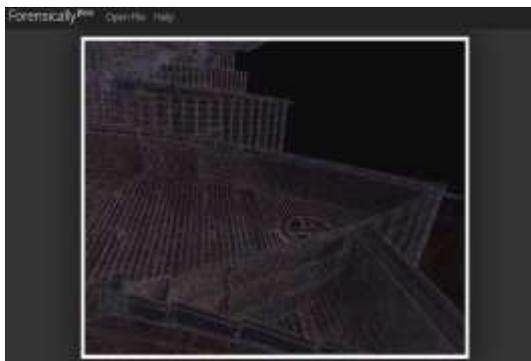


citra dengan menerapkan teknik *Error Level Analysis* (ELA).

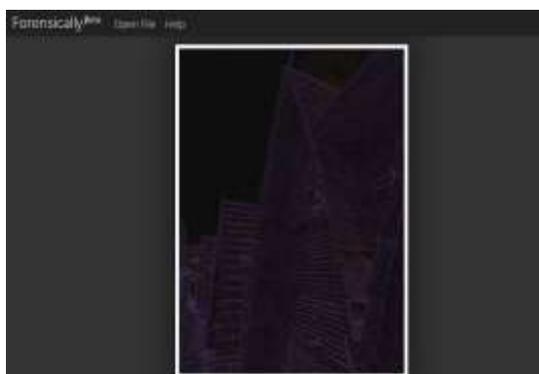


Gambar 2 Parameter ELA

Hasil analisis dengan menggunakan teknik ELA pada CA-1 dan CM-1 tampak seperti pada Gambar 3 CA-2 (Citra Asli) dan Gambar 4 CM-2 (Citra Manipulasi).



Gambar 3 Hasil ELA CA-2 (Citra Asli)



Gambar 4 Hasil ELA CM-2 (Citra Manipulasi)

Hasil ELA citra asli yang sudah diproses pada ForensicallyBeta pada Gambar 3 menunjukkan gambar dengan bintik- bintik putih yang merata tanpa gangguan bentuk ataupun warna. Dengan parameter JPEG *Quality* yang digunakan adalah 90 dan *error scale* yang digunakan adalah 20 dengan *opacity* sebesar 0,95.

Gambar 4 menunjukkan hasil ELA citra manipulasi yang telah diproses dengan ForensicallyBeta. Menggunakan parameter ELA yang sama dengan citra asli, hasil ELA menunjukkan bintik-bintik yang tidak merata atau tidak seimbang, terdapat juga warna kemerahan pada objek foto. Terlihat perbedaan antara kedua citra dengan parameter ELA yang sama.

d. Reporting

Tahap reporting atau pelaporan, dilakukan bentuk pelaporan hasil analisis yang meliputi penggambaran tindakan yang dilakukan menggunakan metode NIST. Pada tahap ini akan disajikan serta dibahas mengenai bukti digital yang telah melalui tahapan NIST, *collection, examination* dan *analysis*.

Tabel 4 Report

Citra Asli	Metode Error Level Analysis (ELA) dan Metadata	Deteksi Keaslian Citra	Metode Error Level Analysis (ELA) dan Metadata
Citra Asli (CA-1)	1. Terdapat bintik-bintik putih yang	Citra Manipulasi (CM-1)	1. Hasil pada citra terdeteksi termanipulasi yaitu
	merata dan tidak menghilangkan objek disekitarnya 2. metadata tidak terdapat software editing		bar terlihat lebih gelap dan terdapat objek yang berbeda 2. Terdapat perbedaan modify date dengan citra asli dan terdapat software editing



Citra Asli (CA- 2)	1. Terdapat bintik-bintik putih yang merata dan tidak terdapat warna 2. Metadata tidak terdapat software editing	Citra Manipulasi (CM- 2)	1. Citra lebih gelap dari citra asli dan terdapat warna kemerahan pada tepiannya 2. Terdapat perbedaan modify date dengan citra asli dan terdapat software editing
--------------------	---	--------------------------	---

Analisis forensik yang telah dilakukan menunjukkan bahwa gambar citra asli dan citra manipulasi menampilkan hasil metadata dan ELA yang berbeda, membuktikan bahwa citra asli dan citra yang telah dimanipulasi dapat dideteksi perbedaannya. Data citra menunjukkan tingkat ketidak konsistenan yang tinggi pada gambar. Terlihat banyak penumpukan titik putih dan juga warna kemerahan yang mengindikasikan adanya manipulasi digital yang dilakukan pada gambar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan yaitu mengimplementasikan metode *National Institute Of Standards And Technology* (NIST) dalam Analisis Forensik Untuk Mendeteksi Keaslian Citra Digital, maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Implementasi metode NIST dengan tahapan *collection, examination, analysis* dan *reporting* dalam analisis forensik dapat mendeteksi keaslian citra digital
2. Metode Error Level Analysis (ELA) dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk memverifikasi keaslian suatu citra pada bukti digital
3. *Tools* forensik *ForensicallyBeta* dapat digunakan sebagai pembanding citra asli dan citra manipulasi dengan metadata dan metode ELA
4. *Image forensic* sebagai salah satu ilmu forensik dapat dimanfaatkan dalam persidangan dalam mengidentifikasi kredibilitas citra digital

5. REFERENSI

- Abdillah, M. F., & Prayudi, Y. (2022). Data Recovery Comparative Analysis using Open-based Forensic Tools Source on Linux. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(9), 633–639. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130975>.
- Ady Saputro, I. (2022). Forensika Citra Digital Untuk Menganalisis Kecocokan Objek Menggunakan Metode SIFT. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 9(4), 3170–3179. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i4.2758>.
- Al-Fajri, M. R., M.Kom, C., & Yusup, D. (2021). Analisis Image Forensic Dalam Mendeteksi Rekayasa File Image Dengan Metode Nist. *JUSTINDO (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 6(2), 84–90. <https://doi.org/10.32528/justindo.v6i2.5120>.
- Apriliani, A., Hijjayanti, K., & Suhairoh, S. (2020). Analisis Keaslian Citra Dengan Menggunakan Exif Metadata. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), 84. <https://doi.org/10.24114/cess.v5i1.15600>.
- Bisri, H., & Marzuki, M. I. (2023). Forensik Citra Digital Menggunakan Metode Error Level Analysis, Clone Detection dan Exif Untuk Deteksi Keaslian Gambar. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, Volume 7, No. 2, April 2023, hal. 586-595 Faroek, D. A., Umar, R., & Riadi, I. (2020).
- Eka Purnama, K., Rozikin, C., & Ali Ridha, A. (2023). Analisis Forensic Citra Digital Menggunakan Teknik Error Level Analysis Dan Metadata Berdasarkan Metode Nist. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(2), 1100–1107. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i2.6660>.
- Eno Hakimah Kusuma Dewi, Suharso, A., & Rozikin, C. (2022). Implementasi Cosine Similarity Dalam Analisis Investigasi Cyberbullying Pada Twitter Dengan Framework Nist. *Cyber Security Dan Forensik Digital*, 5(1), 12–22. <https://doi.org/10.14421/csecurity.2022.5.1.3397>.
- Forensically, D., Hari, M., Arta, K., Kusuma, I. G. B., Rial, M., & Askar, R. (n.d.). [1] D. Forensically, M. Hari, K. Arta, I. G. B. Kusuma, M. Rial, and R. Askar, “software editing tools”. *software editing tools*.
- Harahap, F. (2021). Deteksi Foto Manipulasi Dengan Tools Forensicallybeta dan ageforensic org Dengan Metode Error



- Level Analysis (ELA). *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, 2(3), 159–164. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin/article/view/859>.
- Sulistyo, W. Y., Riadi, I., & Yudhana, A. (2020). Penerapan Teknik SURF pada Forensik Citra untuk Analisa Rekayasa Foto Digital. *JUITA: Jurnal Informatika*, 8(2), 179. <https://doi.org/10.30595/juita.v8i2.6602>.
- Wiratama, I. P., Suharso, A., & Rozikin, C. (2021). Akuisisi Bukti Digital Dan Deteksi Keaslian Citra Pada Whatsapp Menggunakan Metode NIST Dan ELA. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 5(2), 712–726. Deteksi Keaslian Citra Menggunakan Metode Error Level Analysis (ELA) dan Principal Component Analysis (PCA). *Format : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 8(2), 132. <https://doi.org/10.22441/format.2019.v8.i2.006>.