

MENDETEKSI ORISINALITAS CITRA MENGGUNAKAN TEKNIK ERROR LEVEL ANALYSIS DAN METADATA

Rian Abrori¹, Maulidah Fitria², Habi Bullah³

^{1,3}Universitas Trunojoyo Madura, Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal, Bangkalan, Indonesia.

²Politeknik Masamy Internasional, Jl. Ikan Paus No. 10-15 Kertosari, Banyuwangi, Indonesia.

Email: rian.abrory@trunojoyo.ac.id

Article History

Received: 31-05-2024

Revision: 05-06-2024

Accepted: 07-06-2024

Published: 09-06-2024

Abstract. The current development of digital image technology is often misused by certain parties to carry out fraudulent acts that can harm other people, for example what is often encountered in society is proof of bank transfers that have been manipulated. This study aims to detect image originality in an image using the Error Level Analysis (ELA) and Metadata techniques in Forensicallybeta web-based applications. Research model by completing two image files consisting of original images and manipulated images. The results showed that Forensicallybeta with the Error Level Analysis (ELA) and Metadata techniques were able to detect the authenticity of an image, so it was appropriate to determine whether the image file was original or manipulated.

Keywords: Digital Image, Error Level Analysis, Metadata, Forensicallybeta

Abstrak. Perkembangan teknologi citra digital saat ini seringkali disalahgunakan oleh pihak-pihak tertentu untuk melakukan tindakan kecurangan yang dapat merugikan orang lain, misalnya yang sering ditemui dalam masyarakat adalah bukti transfer bank yang telah dimanipulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi orisinalitas citra pada suatu *file image* dengan menggunakan teknik *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata* pada aplikasi berbasis web Forensicallybeta. Model penelitian dengan menguji dua *file image* yang terdiri dari gambar asli dan gambar dimanipulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Forensicallybeta dengan teknik *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata* mampu mendeteksi keaslian sebuah citra, sehingga sangat tepat untuk menentukan *file image* tersebut asli atau sudah dimanipulasi.

Kata Kunci: Citra Digital, *Error Level Analysis*, *Metadata*, Forensicallybeta

How to Cite: Abrori, R., Fitria, M., & Bullah, H. (2024). Mendeteksi Orisinalitas Citra Menggunakan Teknik *Error Level Analysis* dan *Metadata*. *Indo-Fintech Intellectuals: Journal of Economics and Business*, 4 (2), 170-178. <http://doi.org/10.54373/ifijeb.v4i2.1169>

PENDAHULUAN

Pada era industri 4.0 saat ini, perkembangan teknologi sangat berkembang pesat dan tidak mungkin dapat dihindari (Mahardika et al., 2018; Riadi et al., 2018). Kemajuan teknologi membawa perubahan besar dalam kehidupan, salah satunya kemajuan di bidang citra digital. Perkembangan teknologi citra digital saat ini seringkali disalahgunakan oleh pihak-pihak tertentu untuk melakukan tindakan kecurangan yang dapat merugikan orang lain. Banyak kasus penipuan yang terjadi saat ini memanfaatkan kemajuan teknologi citra digital tersebut. Modus penipuan yang sering dilakukan dengan memanfaatkan citra digital yaitu dengan melakukan

editing pada sebuah *image*, seperti bukti foto transfer pembelian online. *Editing image* tersebut dapat menggunakan aplikasi seperti *PhotoScape*, *CorelDraw*, dan *Adobe Photoshop* yang tentu tujuannya untuk merubah informasi yang ada pada *image* tersebut. Kemajuan perangkat lunak *editing* yang ada saat ini dapat melakukan proses *editing* tanpa meninggalkan jejak.

Penipuan yang terjadi dengan memanfaatkan teknologi citra digital, seharusnya dibarengi dengan pengembangan studi forensik citra untuk mendeteksi segala bentuk kecurangan yang menggunakan media gambar. Penanganan kasus yang terkait dengan penggunaan teknologi informasi membutuhkan digital forensik (Raharjo, 2013). Forensik citra digital dapat membantu penyidik dalam menganalisa bukti digital untuk mendapatkan fakta pembuktian dalam menentukan keaslian dari *image* tersebut. Teknik analisis yang dapat digunakan salah satunya adalah *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata*. Sari et al., (2016) mengungkapkan bahwa teknik ELA (*Error Level Analysis*) pada fotoforensik.com memiliki banyak fitur analisis terhadap suatu citra sehingga memiliki banyak interpretasi, untuk itu perlu sistem khusus untuk memberikan hasil kuantitatif kinerja dari teknik ELA. Sementara *Metadata* dapat memberikan informasi penting dari suatu *image* yang dianalisa. Penelitian ini untuk mendeteksi orisinalitas citra pada suatu *image* dengan menggunakan teknik *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata* pada aplikasi berbasis web yaitu Forensicallybeta. Tujuan melakukan digital forensik untuk membuktikan adanya suatu intruksi yang telah terjadi dengan melakukan investigasi terhadap barang bukti seperti gambar (Marini, 2018)

Beberapa penelitian terdahulu yang pernah melakukan penelitian sejenis di antaranya Mahardika et al., (2018) yang mereview aplikasi fotoforensik.com dengan teknik *Error Level Analysis* dan JPEG untuk mengetahui citra asli. Dari hasil penelitian yang dilakukan bahwa aplikasi fotoforensik.com sangat tepat digunakan untuk mendeteksi dari sebuah citra atau gambar. Selanjutnya, Sulistyio et al., (2018) menguji sebuah gambar dengan teknik *Error Level Analysis* pada aplikasi Forensicallybeta untuk menganalisa keaslian dari gambar tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa pendeteksian dengan aplikasi forensicallybeta sangat bagus untuk mendeteksi keaslian dari objek citra sehingga dapat membantu masyarakat dalam menentukan keaslian foto yang beredar. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini tidak hanya menggunakan teknik *Error Level Analysis* (ELA) dalam menganalisa keaslian sebuah gambar, namun juga menambahkan analisis *Metadata* sebagai analisis tambahan untuk meyakinkan bahwa gambar tersebut asli atau hasil dimanipulasi. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat kepada para aparat pengawas, auditor investigasi dan masyarakat dalam menganalisa *image* dengan aplikasi Forensicallybeta untuk mengungkap tindakan kecurangan berupa manipulasi citra yang dapat merugikan orang lain.

METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa dua buah gambar atau *file image* bukti transfer uang yang asli dan yang sudah dimanipulasi. Alat yang digunakan berupa laptop Fujitsu yang telah terpasang *Google Chrome* untuk membuka web. Selanjutnya, untuk *tools* forensik yang digunakan untuk menganalisis bukti digital adalah *Forensicallybeta*. Rincian atas bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan dan peralatan

No	Item	Deskripsi
1.	Gambar 1	Foto Bukti Transaksi Asli
2.	Gambar 2	Foto Bukti Transaksi Manipulasi
3.	Fujitsu	Intel(R) Core (TM) i3-2310M
4.	Google Chrome	Version 75.0.3770.100
5.	https://29a.ch/photo-forensics/	Aplikasi berbasis web untuk menganalisis

Prosedur dan Metode Penelitian

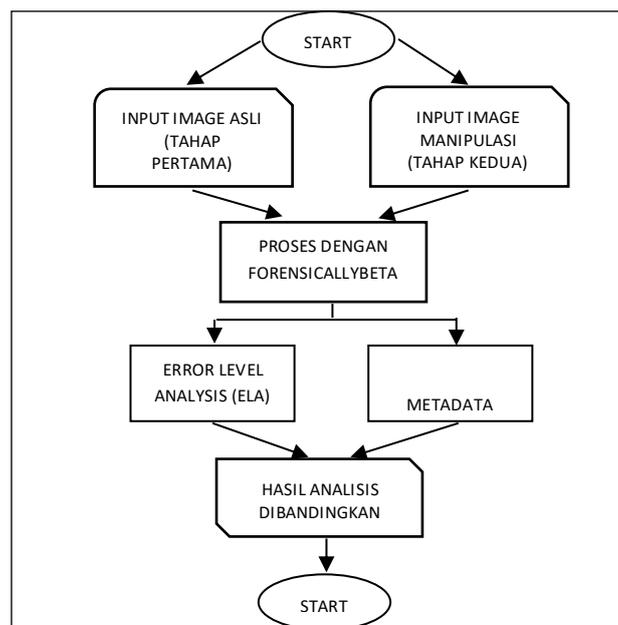
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan pembuatan *role* model yang peneliti buat atau desain sendiri untuk melakukan pendeteksian terhadap suatu bukti digital berupa *file image*. Hal tersebut dilakukan untuk menunjukkan bagaimana gambar *file image* asli dan yang telah dimanipulasi dapat dideteksi menggunakan kedua alat analisis dalam penelitian ini. Cara ini telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dalam mendeteksi *image*. Misalnya, Wittorf et al., (2021) menggunakan sampel contoh gambar yang belum dimanipulasi dan gambar yang dimanipulasi menggunakan *copy-move tool* untuk menunjukkan bagaimana analisis *metadata* dilakukan dan Gunawan et al., (2017) melakukan pengambilan gambar secara pribadi dan kemudian menganalisis informasi keaslian gambar dengan menggunakan *Error Level Analysis* (ELA).

Skenario yang peneliti buat merupakan kombinasi atas metode yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu dengan menyiapkan dua *file image* yang terdiri dari gambar yang asli dan yang sudah di modifikasi. Kedua file tersebut kemudian diinput kedalam *tools* forensik secara bertahap. Tahap pertama menginput gambar asli dan dilakukan analisis sehingga muncul hasil analisis. Tahap kedua menginput gambar yang sudah dimanipulasi dan dilakukan analisis sehingga muncul hasil analisis. Teknik analisis menggunakan *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata*. Dari hasil analisis tersebut kemudian dilakukan perbandingan untuk melihat perbedaan pada kedua gambar tersebut. *Error Level Analysis* (ELA) merupakan metode

forensik untuk mengidentifikasi bagian-bagian dari suatu gambar dengan tingkat yang berbeda dari kompresi (Djaksana & Rivai 2018). Teknik ELA digunakan untuk menentukan apakah gambar telah dimodifikasi secara digital (Zhao et al., 2015) dengan menghitung perbedaan antara tingkat kompresi gambar, yaitu dengan memastikan apakah kotak berukuran 8x8 memiliki potensi kesalahan yang serupa. Gunawan et al., (2017) menjelaskan bahwa apabila gambar diubah, bagian gambar yang dimanipulasi seharusnya memiliki potensi kesalahan yang lebih tinggi dibandingkan bagian gambar lainnya. ELA nantinya akan bekerja dengan sengaja menyimpan ulang gambar pada tingkat kesalahan yang diketahui, misalnya 95%, dan kemudian menghitung perbedaan antar gambar.

Metadata menggambarkan gambar di luar level piksel yang dapat memberikan informasi tentang asal gambar seperti lokasi, waktu, dan jenis kamera gambar yang digunakan (Wittorf et al., 2021). Dengan kata lain, metadata adalah informasi yang tertanam pada sebuah file yang berupa berupa penjelasan atas file tersebut (Zaenudin, 2018). Misalnya informasi tentang di mana gambar diambil, jam berapa pengambilannya, perangkat apa yang mengambil gambar, dan banyak lagi. Gambar yang telah dimanipulasi akan dapat dideteksi dengan melihat informasi sumber gambar atau *file* tersebut didapatkan.

Gambar 1 di bawah ini merupakan alur model proses pendeteksian terhadap bukti digital yang akan dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Model proses pendeteksian

HASIL

Skenario yang peneliti gunakan untuk melakukan pengujian terhadap keaslian bukti digital berupa dua *file* foto atau gambar. Dua gambar tersebut terdiri dari satu *image* asli dan satu *image* yang dimanipulasi. Gambar 2 berikut merupakan gambar asli dan yang dimanipulasi. Kedua *image* tersebut kemudian dianalisis dengan *tools* Forensicallybeta dengan teknik *Error Level Analysis* dan Metadata.

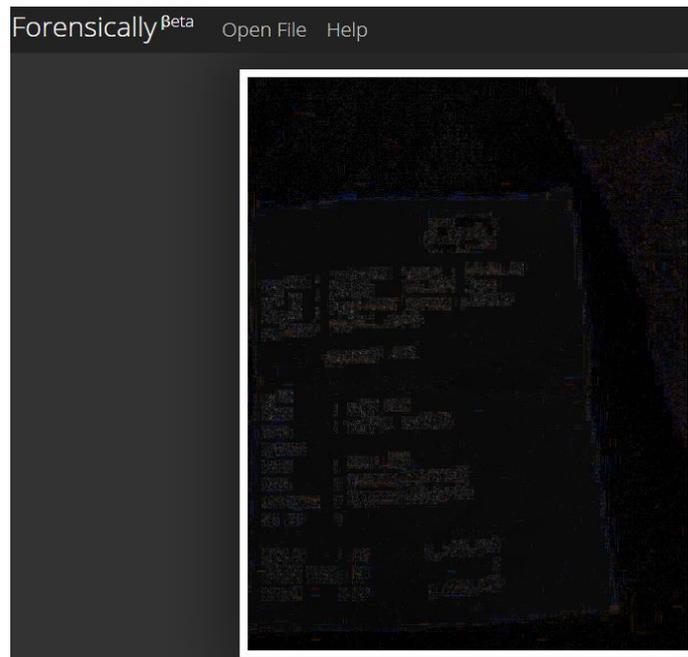


Gambar 2. *Image Asli vs Image Dimanipulasi*

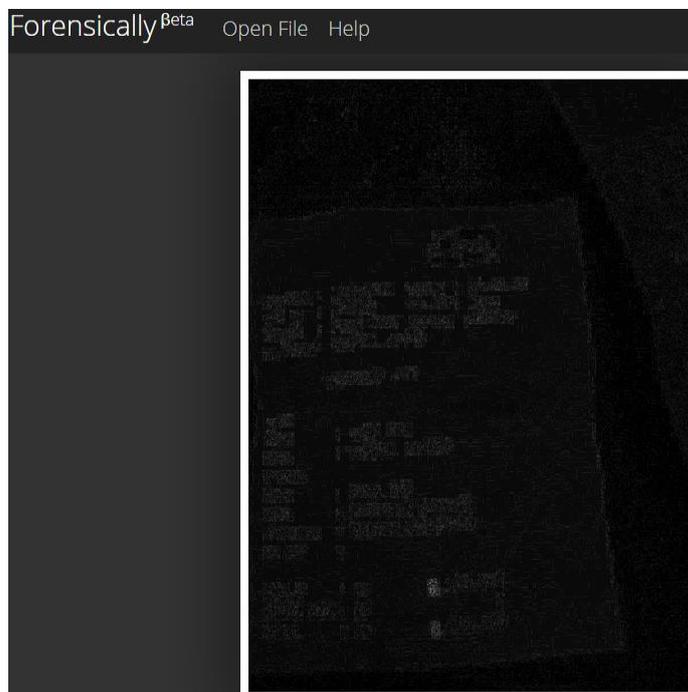
Kedua *image* tersebut kemudian dianalisis dengan *tools* Forensicallybeta dengan teknik *Error Level Analysis* dan Metadata. Berikut merupakan hasil analisis dengan kedua teknik tersebut.

Error Level Analysis (ELA)

Gambar 3 dan 4 berikut merupakan hasil analisis dari ELA atas gambar asli dan gambar yang telah melalui proses “*editing*” atau dimanipulasi dalam penelitian ini. Analisis ELA akan mendeteksi manipulasi gambar dengan menyimpan ulang gambar pada tingkat kualitas tertentu dan kemudian menghitung perbedaan antara tingkat kompresi. Dalam analisis ini, *tools* Forensicallybeta akan menunjukkan bagian-bagian mana dari gambar yang telah dilakukan *editing* melalui kompresi seperti hasil *scan* atas sebuah dokumen atau gambar.



Gambar 3. Hasil ELA *Image Asli*



Gambar 4. Hasil ELA *Image Dimanipulasi*

Metadata

Gambar 5 berikut merupakan informasi dari *metadata image* asli dan informasi yang disajikan dari *metadata image* yang telah dimanipulasi.

Hasil Metadata Image Asli	Hasil Metadata Image dimanipulasi																																																																																																
<table border="0"> <tr><td>Make</td><td>Sony</td></tr> <tr><td>Model</td><td>D6653</td></tr> <tr><td>Orientation</td><td>6</td></tr> <tr><td>XResolution</td><td>72</td></tr> <tr><td>YResolution</td><td>72</td></tr> <tr><td>ResolutionUnit</td><td>2</td></tr> <tr><td>Software</td><td>23.5.A.1.291_6_f1000010</td></tr> <tr><td>ModifyDate</td><td>2019:07:06 18:25:40</td></tr> <tr><td>YCbCrPositioning</td><td>1</td></tr> <tr><td>ExposureTime</td><td>0.0313</td></tr> <tr><td>FNumber</td><td>2</td></tr> <tr><td>ISO</td><td>250</td></tr> <tr><td>DateTimeOriginal</td><td>Sun Jul 07 2019 01:25:40</td></tr> <tr><td></td><td>GMT+0700 (Western Indonesia Time)</td></tr> <tr><td>CreateDate</td><td>Sun Jul 07 2019 01:25:40</td></tr> <tr><td></td><td>GMT+0700 (Western Indonesia Time)</td></tr> <tr><td>ShutterSpeedValue</td><td>5</td></tr> <tr><td>ExposureCompensation</td><td>0</td></tr> <tr><td>MeteringMode</td><td>5</td></tr> <tr><td>LightSource</td><td>0</td></tr> <tr><td>Flash</td><td>16</td></tr> <tr><td>FocalLength</td><td>4.6000</td></tr> <tr><td>SubSecTime</td><td>576767</td></tr> <tr><td>SubSecTimeOriginal</td><td>576767</td></tr> <tr><td>SubSecTimeDigitized</td><td>576767</td></tr> <tr><td>ColorSpace</td><td>1</td></tr> <tr><td>ExifImageWidth</td><td>3840</td></tr> <tr><td>ExifImageHeight</td><td>2160</td></tr> <tr><td>CustomRendered</td><td>0</td></tr> <tr><td>ExposureMode</td><td>0</td></tr> <tr><td>WhiteBalance</td><td>0</td></tr> <tr><td>DigitalZoomRatio</td><td>1</td></tr> <tr><td>SceneCaptureType</td><td>0</td></tr> <tr><td>SubjectDistanceRange</td><td>0</td></tr> <tr><td>InteropIndex</td><td>R98</td></tr> </table>	Make	Sony	Model	D6653	Orientation	6	XResolution	72	YResolution	72	ResolutionUnit	2	Software	23.5.A.1.291_6_f1000010	ModifyDate	2019:07:06 18:25:40	YCbCrPositioning	1	ExposureTime	0.0313	FNumber	2	ISO	250	DateTimeOriginal	Sun Jul 07 2019 01:25:40		GMT+0700 (Western Indonesia Time)	CreateDate	Sun Jul 07 2019 01:25:40		GMT+0700 (Western Indonesia Time)	ShutterSpeedValue	5	ExposureCompensation	0	MeteringMode	5	LightSource	0	Flash	16	FocalLength	4.6000	SubSecTime	576767	SubSecTimeOriginal	576767	SubSecTimeDigitized	576767	ColorSpace	1	ExifImageWidth	3840	ExifImageHeight	2160	CustomRendered	0	ExposureMode	0	WhiteBalance	0	DigitalZoomRatio	1	SceneCaptureType	0	SubjectDistanceRange	0	InteropIndex	R98	<table border="0"> <tr><td>Orientation</td><td>1</td></tr> <tr><td>XResolution</td><td>72</td></tr> <tr><td>YResolution</td><td>72</td></tr> <tr><td>ResolutionUnit</td><td>2</td></tr> <tr><td>Software</td><td>Adobe Photoshop CS3 Windows</td></tr> <tr><td>ModifyDate</td><td>2019:07:12 23:58:09</td></tr> <tr><td>ColorSpace</td><td>65535</td></tr> <tr><td>ExifImageWidth</td><td>780</td></tr> <tr><td>ExifImageHeight</td><td>1040</td></tr> <tr><td>HasThumbnail</td><td>true</td></tr> <tr><td>ThumbnailWidth</td><td>120</td></tr> <tr><td>ThumbnailHeight</td><td>160</td></tr> <tr><td>ThumbnailType</td><td>image/jpeg</td></tr> </table>  <p>Thumbnail</p>	Orientation	1	XResolution	72	YResolution	72	ResolutionUnit	2	Software	Adobe Photoshop CS3 Windows	ModifyDate	2019:07:12 23:58:09	ColorSpace	65535	ExifImageWidth	780	ExifImageHeight	1040	HasThumbnail	true	ThumbnailWidth	120	ThumbnailHeight	160	ThumbnailType	image/jpeg
Make	Sony																																																																																																
Model	D6653																																																																																																
Orientation	6																																																																																																
XResolution	72																																																																																																
YResolution	72																																																																																																
ResolutionUnit	2																																																																																																
Software	23.5.A.1.291_6_f1000010																																																																																																
ModifyDate	2019:07:06 18:25:40																																																																																																
YCbCrPositioning	1																																																																																																
ExposureTime	0.0313																																																																																																
FNumber	2																																																																																																
ISO	250																																																																																																
DateTimeOriginal	Sun Jul 07 2019 01:25:40																																																																																																
	GMT+0700 (Western Indonesia Time)																																																																																																
CreateDate	Sun Jul 07 2019 01:25:40																																																																																																
	GMT+0700 (Western Indonesia Time)																																																																																																
ShutterSpeedValue	5																																																																																																
ExposureCompensation	0																																																																																																
MeteringMode	5																																																																																																
LightSource	0																																																																																																
Flash	16																																																																																																
FocalLength	4.6000																																																																																																
SubSecTime	576767																																																																																																
SubSecTimeOriginal	576767																																																																																																
SubSecTimeDigitized	576767																																																																																																
ColorSpace	1																																																																																																
ExifImageWidth	3840																																																																																																
ExifImageHeight	2160																																																																																																
CustomRendered	0																																																																																																
ExposureMode	0																																																																																																
WhiteBalance	0																																																																																																
DigitalZoomRatio	1																																																																																																
SceneCaptureType	0																																																																																																
SubjectDistanceRange	0																																																																																																
InteropIndex	R98																																																																																																
Orientation	1																																																																																																
XResolution	72																																																																																																
YResolution	72																																																																																																
ResolutionUnit	2																																																																																																
Software	Adobe Photoshop CS3 Windows																																																																																																
ModifyDate	2019:07:12 23:58:09																																																																																																
ColorSpace	65535																																																																																																
ExifImageWidth	780																																																																																																
ExifImageHeight	1040																																																																																																
HasThumbnail	true																																																																																																
ThumbnailWidth	120																																																																																																
ThumbnailHeight	160																																																																																																
ThumbnailType	image/jpeg																																																																																																

Gambar 5. Hasil Metadata Image Asli dan Image Dimanipulasi

DISKUSI

Gambar 3 merupakan hasil analisis gambar asli dengan teknik ELA. Berdasarkan hasil analisis tersebut, semua *noise* masih terlihat konsisten dan stabil, tidak ada yang menunjukkan *noise* yang ekstrim atau berwarna lebih cerah dibandingkan warna di sekelilingnya. Gambar 4 merupakan hasil analisis dengan teknik ELA pada gambar yang sudah dimanipulasi atau dimodifikasi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, terdapat perbedaan warna *noise* atau *noise* yang ekstrim dengan warna yang lebih cerah dibandingkan warna di sekelilingnya. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada angka nominal transfer di tulisan jumlah dan total. Angka lima muncul dengan *noise* yang lebih cerah jika dibandingkan dengan warna *noise* di sekelilingnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian eksperimen deteksi modifikasi gambar yang telah dilakukan Gunawan et al., (2017) dan penelitian atas deteksi *image* asli yang dilakukan oleh (Mahardika et al, 2018)

Gunawan et al., (2017) melakukan penyempurnaan atas algoritma ELA dengan mengidentifikasi bagian gambar yang telah dimodifikasi menggunakan histogram vertikal dan horizontal dari gambar ELA. Meskipun penelitian ini menggunakan *tools* yang berbeda yaitu dengan menggunakan Forensicallybeta, namun berdasarkan hasil analisis yang kami lakukan,

kami mendukung hasil penelitian sebelumnya bahwa teknik ELA mampu mendeteksi gambar yang telah dimanipulasi. Gambar 6 merupakan informasi dari *metadata image* asli. Dari gambar tersebut diketahui bahwa gambar diambil menggunakan kamera Sony. Dilihat dari *DateTimeOriginal* dan *CreateDate* memiliki waktu yang konsisten atau telah sesuai. Pada gambar tersebut tidak ada informasi yang mengungkapkan adanya penggunaan aplikasi *editing* tertentu sehingga dapat dipastikan gambar tersebut tidak dimanipulasi.

Gambar 7 merupakan informasi yang disajikan dari *metadata image* yang telah dimanipulasi. Berdasarkan informasi dari gambar tersebut, terdapat aplikasi *editing* yang digunakan yaitu *Adobe Photoshop CS3 Windows*. Sehingga dapat dikatakan bahwa gambar tersebut telah mengalami manipulasi atau modifikasi dan tidak orisinal. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Wittorf et al., (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan metadata mampu memverifikasi rekaman gambar atau *file* dengan membandingkan sumber informasi gambar. Ketika dua buah gambar diperbandingkan (gambar asli vs gambar modifikasi), kedua sumber informasi gambar diperbandingkan dan kemudian apabila kedua sumber informasi tersebut menghasilkan informasi yang bertentangan (tidak konsisten), maka hal tersebut menunjukkan adanya manipulasi/pemalsuan. Hasil metadata dengan *tools* Forensicallybeta mampu memberikan informasi data dari sebuah gambar yang telah dimanipulasi. Informasi metadata tersebut melengkapi dan memperkuat hasil analisis dengan ELA.

Menggunakan kedua pendekatan atau teknik tersebut, setidaknya masyarakat atau para penerima bukti transaksi digital (khususnya berupa *image* atau foto atas bukti transaksi penjualan/pembelian *online*) dapat mengantisipasi terjadinya penipuan dokumen digital. Kedua teknik tersebut dapat memberikan informasi secara detail mengenai apakah *image* tersebut merupakan *image* asli atau yang telah dimodifikasi beserta sumber atau informasi terkait dengan *software* atau aplikasi apa yang digunakan untuk memodifikasi gambar. Hasil penelitian ini memberikan gambaran yang lebih luas dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sulistyo et al., 2018; Mahardika et al., 2018). Hasil penelitian ini memberikan penjelasan dan rincian atas sumber dan *tools* yang digunakan untuk memanipulasi *image*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa analisa bukti digital berupa *file image* menggunakan tools forensik Forensicallybeta dengan teknik *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata* mampu mendeteksi keaslian sebuah citra atau gambar. *Tools* forensik Forensicallybeta sangat tepat digunakan untuk mendeteksi sebuah citra masih asli atau sudah diedit atau dimanipulasi. Sementara Metadata memberikan rincian atas sumber *image* dan

mampu mendeteksi *software* yang digunakan untuk melakukan manipulasi atau *editing image*. Keterbatasan dalam penelitian ini hanya menggunakan dua teknik analisis yaitu *Error Level Analysis* (ELA) dan *Metadata*. Selain itu, file image yang digunakan hanya dua gambar.

REKOMENDASI

Saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya menambah teknik analisis gambar yang lain, seperti *EXIF*, *Metode ORB* dan *SIFT*. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan *tools* forensik lain, seperti *fotoforensik.com* dan lainnya sebagai pembanding keakurasian dalam menganalisa citra. Selain itu, peneliti selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak gambar untuk dianalisa (misalnya rekaman dokumen tertentu) sehingga dapat membandingkan keakurasian dari *tools* tersebut.

REFERENSI

- Djaksana, Yan M. & Rivai, Abu K. 2018. Analisis Manipulasi Citra (Image Forgery) Menggunakan Integrasi Metode Error Level Analysis dan Block Matching. *Jurnal Teknologi Informasi ESIT*, XII (1), 83-89.
- Gunawan, T. S., Hanafiah, S. A. M., Kartiwi, M., Ismail, N., Za'bah, N. F., & Nordin, A. N. (2017). Development of photo forensics algorithm by detecting photoshop manipulation using error level analysis. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 7(1), 131-137.
- Mahardika, F., Khatulistian, Aurora D., & Kuncoro, Adam P. 2018. Review Foto Forensic.com Dengan Teknik Error Level Analysis dan JPEG untuk Mengetahui Citra Asli. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 3(1), 71-75.
- Marini, Sri. 2018. Kajian Digital Forensik Dalam Regulasi di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Energi & Teknologi (Sinergi)*, 103-106.
- Raharjo, Budi. 2013. Sekilas Mengenai Forensik Digital. *Jurnal Sositologi*, 29(12), 384-387.
- Riadi, I., Sunardi., & Rauli, M. E. 2018. Identifikasi Bukti Digital WhatsApp pada Sistem Operasi Proprietary Menggunakan Live Forensic. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 18-22.
- Sari, T., Riadi, I., & Fadlil, A. 2016. Forensik Citra untuk Deteksi File Menggunakan Error Level Analysis. *Prosiding Annual Research Seminar*, 2(1), 133-138.
- Sulisyto, W. Y., Riadi, I., & Yudhana, A. 2018. Analisis Deteksi Keaslian Citra Menggunakan Teknik Error Level Analysis dengan Forensicallybeta. *Seminar Nasional Informatika*, UPN Veteran Yogyakarta, 154-159.
- Wittorf, K., Steinebach, M., & Liu, H. (2021). Automated Image Metadata Verification. *Electronic Imaging*, 33, 1-6.
- Zaenudin. 2018. Metadata Forensik untuk Analisis Korelasi Bukti Digital. Tesis. Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia.