

Analisis Manipulasi Citra (*Image Forgery*) Menggunakan Integrasi Metode *Error Level Analysis* Dan *Block Matching*

Yan Mitha Djaksana^{1*}, Abu Khalid Rivai², dan Dede Supriyadi²

¹ Universitas Pamulang

Jalan Surya Kencana No. 1, Pamulang – Tangerang Selatan Banten, Jawa Barat

² STMIK Eresha

Jl. H. Samali Ujung No.51, RT.8/RW.4, 9, Kalibata, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

ABSTRAK

Dengan kemajuan perangkat pengolahan citra digital saat ini membuat semua orang bisa dengan mudah memanipulasi gambar tanpa meninggalkan jejak pada gambar yang sudah dimanipulasi sehingga banyak gambar yang tersebar saat ini diragukan keasliannya, apalagi saat ini gambar bisa digunakan menjadi alat bukti dalam kasus hukum dipersidangan, sehingga menemukan manipulasi gambar menjadi topik yang sangat banyak dicoba untuk dipecahkan dalam berbagai penelitian, pada penelitian ini kami mencoba untuk memberikan usulan metode *Error Level Analysis* (ELA) yang merupakan metode yang sangat baik untuk membaca *image fogery* berupa *image splicing* atau menyusupkan objek disebuah gambar dengan diintegrasikan menggunakan metode *Block Matching*, dimana *block matching* bertugas untuk membaca dan memberikan label hasil kompresi yang dilakukan oleh metode ELA sehingga analisis menjadi lebih akurat dan efisien, penelitian ini menggunakan 3 jenis acuan dataset, pertama menggunakan citra yang dibuat dalam berbagai bentuk, lalu diberi gangguan hingga menggunakan objek yang berjumlah lebih dari 1 menunjukkan hasil akurasi hingga 100%, selanjutnya menggunakan sample sejumlah 200 gambar manipulasi dari dataset CASIA V.2.0 dengan berbagai teknik manipulasi sehingga didapat hasil akurasi mencapai 92% dan terakhir percobaan menggunakan citra yang merupakan kasus riil yang pernah terjadi di Indonesia, dan dapat disimpulkan bahwa mengintergerasikan kedua metode diatas bekerja dapat menghasilkan analisis yang lebih akurat

Kata Kunci : Citra Digital, *Image Forgery*, *image splicing*, *Error Level Analysis*, Metode *Block Matching*

ABSTRACT

With the advancement of the digital image processing application in this era makes everyone can easily manipulate images without leaving a trace, so many pictures at this time doubtful authenticity, especially now picture could be evidence in a legal case in court, makes finding the manipulation of images be a important topics to solved in various studies, in this paper we tried to give propose methods of Error Level Analysis (ELA), which is an excellent method for reading the image forgery especially image splicing or insert objects in a images, and integrate that method with Block Matching method, where block matching used to reading and give the labels of compression performed by ELA to makes the analysis more accurate and efficient, this research uses three types of reference dataset, the first using images created in various type, then given forgery, and used more 1 shows object with result of accuracy until 100%, and then we using a sample of 200 images manipulation from datasets CASIA V.2.0 with various techniques of manipulation we get result an accuracy up to 92% success detection and the last of experiments we using real images are cases that have occurred in Indonesia, This research concluded that the integration of both methods above can produce more accurate analysis

Keyword : Digital Image, *Image Forgery*, *Error Level Analysis*, *Block Matching Method*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, citra digital kini sudah menjadi bagian dalam kehidupan sehari-hari ditambah semakin mudahnya proses penyebaran gambar melalui media internet membuat pertukaran informasi melalui gambar menjadi sebuah kebutuhan utama saat ini, dengan semakin muktahirnya perangkat lunak pengolahan gambar seperti Adobe Photoshop, Corel Draw, dll maka gambar yang tersebar di internet saat ini sangat rentan mengalami proses manipulasi yang berdampak pada hilangnya sebagian informasi, diubah atau bahkan ditambahkan informasi – informasi yang tidak sesuai dengan fakta sebenarnya dari gambar tersebut sehingga berdampak pada beberapa pihak yang akan dirugikan, di Indonesia sendiri kasus rekayasa terhadap foto sangat sering terjadi bahkan tak jarang menimpa publik figur seperti pejabat negara dan artis kenamaan tanah air, seperti contoh kasus mantan pimpinan Komisi Pemberantasan Korupsi atau KPK Abraham Samad, kasus foto mesra yang diduga pejabat Negara itu dengan seorang Putri Indonesia 2014 menggemparkan masyarakat Indonesia pada tahun 2015 lalu, dan membuat beliau harus turun dari jabatannya walau dengan rangkaian kasus yang berbeda, berbagai pihak memperdebatkan apakah foto itu asli atau hasil rekayasa aplikasi pengolahan citra, terlihat dalam artikel yang berjudul Analisa Ahli IT, Foto Abraham Samad - Elvira Devinamira Rekayasa, Rabu, 14 Januari 2015 14:20 dari situs berita online yang mainstream kapanlagi.com, seorang ahli IT Janner Simarmata, yang merupakan Sekjen Forum Akademisi IT (FAIT) menyebutkan gambar tersebut adalah rekayasa dengan berbagai analisis yang dipaparkannya, tetapi berbanding terbalik dari hasil analisa yang disampaikan dalam artikel Ahli manipulasi foto sebut foto mesra mirip Samad itu asli, pada Rabu, 14 Januari 2015 12:13, disitus berita online merdeka.com Ahli manipulasi foto Agan Harahap mengatakan, foto yang beredar dengan cepat menjadi viral itu adalah foto asli dan bukan hasil manipulasi atau editan, sehingga timbul polemik yang cukup panjang pada awal tahun 2015 lalu, selain kasus tersebut sempat beredar pula foto hasil manipulasi dari artis pemeran sinetron 'Ganteng-ganteng Serigala' Prilly Latuconsina hingga harus mendatangi Polda Metro Jaya terkait kasus rekayasa foto tanpa busana dirinya, untuk dilaporkan kepihak yang berwajib, dari beberapa kasus yang pernah

terjadi membuktikan bahwa topik *image forgery* serta alat untuk mendeteksinya menjadi sebuah topik yang sangat menarik perhatian dari banyak penelitian untuk menemukan hasil deteksi *image forgery* yang terbaik.

Salah satu metode yang sangat populer dan terbaik untuk mengidentifikasi *Image Splicing* adalah metode ELA (*Error Level Analysis*) (Yan Zhao dkk, 2015). ELA biasa digunakan untuk mendeteksi benda asing disusupkan ke dalam gambar asli dengan menganalisis tabel kuantisasi blok dari pixel di gambar (Sengupta dkk, 2014), setiap pixel berada di *error level* tertentu, dan melakukan kompresi akan mengubah *error level* dari pixel diberikan. Namun, jika gambar yang dimanipulasi, sangat mungkin bahwa bagian-bagian yang berbeda pada gambar akan memiliki *error level* yang berbeda, dan ELA berfokus pada artefak untuk mengidentifikasi gambar yang dimanipulasi dan menemukan wilayah dirusak, tetapi ELA memerlukan *tools* tambahan untuk memberikan label berupa blok untuk mengidentifikasi hasil ekstraksi ELA. Dengan menggunakan metode *block-matching* sebagai alat untuk membaca hasil ELA, maka kita tidak memerlukan seorang ahli untuk mengidentifikasi gambar dimanipulasi dan menemukan wilayah yang dirusak menjadi lebih efisien (Yan Zhao dkk, 2015).

Dalam beberapa penelitian sebelumnya seperti yang ditulis Neal Krawetz, Ph.D pada tahun 2007 yang berjudul *Digital Image Analysis and Forensics*, mengatakan bahwa ELA merupakan metode analisis citra yang muktakhir tetapi menggunakan ELA hanya sebagai metode tunggal sehingga dibeberapa kasus *image forgery* ELA tidak bisa memberikan analisis yang akurat, begitu pula penelitian terbaru dari Wisnu Nugroho dan Bayu Setiaji pada tahun 2016, yang berjudul Pembuatan Website untuk Menganalisis Keaslian Foto menggunakan Metode *Image Forensic*, pada penelitian ini ELA di gabungkan dengan aplikasi berbasis web hanya saja ELA tetap bekerja sendiri tanpa tools bantuan yang bisa membaca hasil kalkulasi *error level*nya, pengolahan berbasis blok adalah teknik yang populer digunakan dalam pengolahan citra mana gambar dipecah menjadi sub-bagian atau blok berukuran sama. Setiap blok dianggap sebagai sub-gambar. Metode ini memungkinkan pengolahan jenis rekursif, dengan *sub-processing* menyerupai pendekatan "membagi dan menguasai". pengolahan berbasis blok sangat berguna karena perhitungan yang dilakukan dipengaruhi oleh

hanya informasi yang berada pada blok tertentu. pengolahan berbasis blok bekerja pada proses kompresi citra (S.Murali dkk, 2012) sedangkan Metode *Block-Matching* sangat direkomendasikan untuk mengurangi waktu untuk proses komputasi. Dalam prosedur pencocokan, gambar dibagi dua blok, blok pertama adalah yang dianggap *overlapping*, dan kemudian semua pasangan blok duplikat akan ditandai (Jonathan R. Sturak 2004).

2. METODE

a. ELA (*Error Level Analysis*)

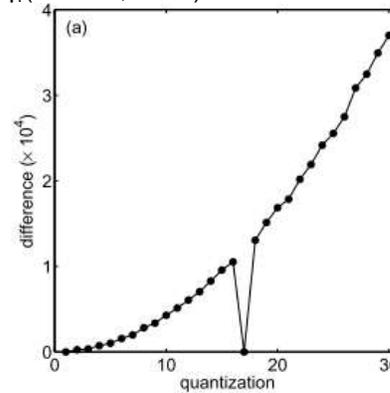
ELA adalah metode forensik untuk mengidentifikasi bagian-bagian dari suatu gambar dengan tingkat yang berbeda dari kompresi, hasil kompresi ELA ditampilkan pada gambar 2.9. Teknik ini dapat digunakan untuk menentukan apakah gambar telah dimodifikasi secara digital. Untuk lebih memahami teknik, itu perlu untuk memperdalam teknik kompresi JPEG (Yan Zhao dkk, 2015).



Gambar 2.9: Gambar sebelum dan setelah ELA test, (Krawetz 2007),

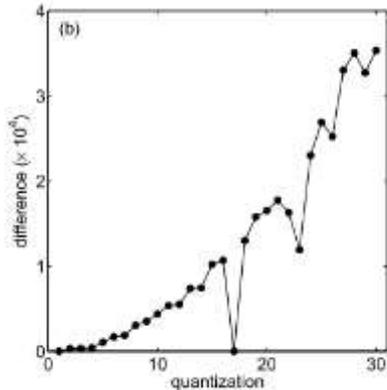
Konsep kerja dari metode ELA adalah teknik dengan gambar JPEG menjalani kompresi ganda. Bagian ini menjelaskan teknik yang sama, tapi satu yang mampu melokalisasi bagian mana dari suatu gambar menjalani kompresi ganda atau biasa disebut teknik *Ghost JPEG* dengan pertimbangan satu set DCT (*discrete cosine transform*) JPEG koefisien c_1 dikuantisasi dengan jumlah yang q_1 yang kemudian dikuantisasi kedua kalinya dengan jumlah yang q_2 untuk menghasilkan koefisien c_2 . Dengan pengecualian dari $q_2 = 1$ (yaitu, tidak ada kuantisasi kedua), perbedaan antara c_1 dan c_2 akan minimal ketika $q_2 = q_1$ dan akan meningkat sebagai perbedaan antara q_2 dan q_1 meningkat. Secara khusus, jika $q_2 > q_1$ maka koefisien c_2 menjadi relatif semakin lebih jarang untuk c_1 , dan jika $q_2 < q_1$ kemudian, meskipun kuantisasi kedua adalah kurang dari yang pertama, koefisien C_2 bergeser relatif terhadap c_1 (H.Farid, 2013).

Ditunjukkan dalam Gambar 1.4, misalnya, adalah jumlah dari perbedaan kuadrat antara c_1 dan c_2 sebagai fungsi dari q_2 kuantisasi kedua, di mana $q_1 = 17$. Perhatikan bahwa perbedaan ini meningkat sebagai fungsi dari peningkatan q_2 , dengan pengecualian $q_2 = q_1$, di mana perbedaan adalah minimal. Jika q_1 tidak prima, seperti dalam contoh ini, maka beberapa minimal mungkin muncul pada nilai kualitas q_2 yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari q_1 (H.Farid, 2013).



Gambar 2.10: perbedaan koefisien $q_1 = 17$ dan $q_2 \in [1,30]$ (H.Farid, 2013)

Pertimbangkan sekarang satu set koefisien c_0 dikuantisasi dengan jumlah yang q_0 diikuti oleh kuantisasi dengan jumlah $q_1 < q_0$ untuk menghasilkan c_1 . Artinya, kuantisasi kedua adalah pada kualitas yang lebih tinggi daripada yang pertama. *quantizing* lanjut c_1 oleh q_2 menghasilkan koefisien c_2 . Seperti sebelumnya, perbedaan antara c_1 dan c_2 akan minimal ketika $q_2 = q_1$. Tapi, karena koefisien awalnya dikuantisasi oleh q_0 , kami berharap untuk menemukan minimum kedua ketika $q_2 = q_0$. Ditunjukkan dalam Gambar 1.5 adalah jumlah dari perbedaan kuadrat antara c_1 dan c_2 , sebagai fungsi dari q_2 , di mana $q_0 = 23$ dan $q_1 = 17$. Seperti sebelumnya, perbedaan ini meningkat sebagai fungsi dari peningkatan q_2 , mencapai minimum pada $q_2 = q_1 = 17$, dan yang paling menarik memiliki minimum lokal kedua di $q_2 = q_0 = 23$. minimum kedua ini adalah JPEG *Ghost*, karena mengungkapkan bahwa koefisien sebelumnya dikuantisasi (terkompresi) dengan kuantisasi yang lebih besar (kualitas rendah) (H.Farid, 2013)



Gambar 2.11: frekuensi dari *Error Level* $q_2 = 23$ (H.Farid, 2013)

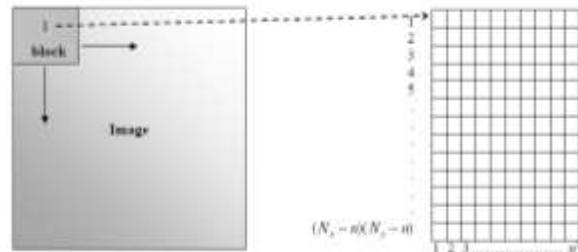
Ingat bahwa skema kompresi JPEG secara terpisah *quantizes* masing-masing frekuensi spasial dalam blok 8×8 pixel. Salah satu pendekatan untuk mendeteksi hantu JPEG akan secara terpisah mempertimbangkan setiap frekuensi spasial di masing-masing saluran tiga pencahayaan / warna. Namun, ingat bahwa beberapa minima yang mungkin ketika membandingkan bilangan bulat beberapa nilai kuantisasi. Jika, di sisi lain, kita mempertimbangkan efek kumulatif dari kuantisasi pada nilai-nilai pixel yang mendasari, maka masalah ini jauh lebih kecil kemungkinannya untuk muncul (kecuali semua 192 nilai kuantisasi pada kualitas JPEG berbeda kelipatan bilangan bulat dari satu sama lain - skenario yang tidak mungkin. Oleh karena itu, alih-alih menghitung perbedaan antara koefisien DCT terkuantisasi, kita mempertimbangkan perbedaan dihitung langsung dari nilai-nilai pixel (H.Farid, 2013), sebagai berikut:

$$d(x, y, q) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [f(x, y, i) - f_q(x, y, i)]^2,$$

dimana $f(x, y, i)$, $i = 1, 2, 3$, menunjukkan masing-masing tiga jalur warna RGB, dan $f_q(\cdot)$ adalah hasil dari mengompresi $f(\cdot)$ pada kualitas q (H.Farid, 2013).

b. Metode *Block-Matching*

Metode *Block Matching* merupakan komputasi yang kompleks, teknik ini biasa digunakan dalam mendeteksi wilayah yang disalin (Voruganti Arun, 2005). Sebuah variasi dari ini menggunakan blok $B \times B$ piksel, yang merupakan ukuran minimal yang diperhitungkan untuk sebuah citra digital. Blok ini pertama ditempatkan di sudut kiri atas dan bergerak satu piksel dan kemudian turun. Ada total $(M - B + 1)(N - B + 1)$ posisi untuk blok. Piksel yang diambil oleh kolom di setiap posisi blok dan ditempatkan ke dalam matriks. matriks akan memiliki kolom B^2 dan baris $(M - B + 1)(N - B + 1)$. Matriks tersebut kemudian dicari sehubungan dengan baris yang sama tapi sesuai dengan daerah yang berbeda dari gambar, sehingga menunjukkan bahwa porsi gambar telah disalin dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Teknik ini mengikuti waktu berjalan sebanding dengan ukuran yang diinginkan dari blok $B \times B$. Ukuran blok juga menentukan akurasi yang diinginkan dari gambar tersebut. Teknik ini mendorong mendeteksi *copy-move forgery*, tapi ketika melihat gambar JPEG salah satu harus menyadari bahwa karena kompresi rendah banyak objek yang sebenarnya tidak mengalami manipulasi akan ikut terdeteksi. Sebuah BMP atau TIFF gambar akan cocok untuk teknik ini, Metode *Block-Matching* sangat direkomendasikan untuk mengurangi waktu untuk proses komputasi, Dalam prosedur pencocokan, gambar dibagi dua blok, blok pertama adalah yang dianggap *overlapping*, dan kemudian semua pasangan blok duplikat akan ditandai. (Jonathan R. Sturak 2004)

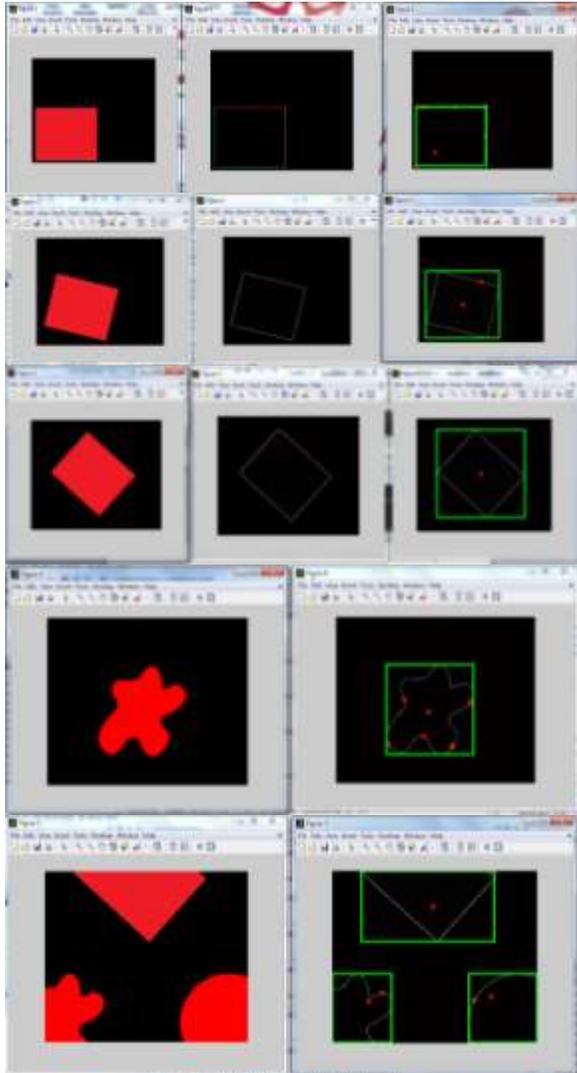


Gambar 2.13 : Pixel blok pemindaian dan berbagai dimensi untuk Metode *Block Matching* (Voruganti Arun, 2005).

3. HASIL PEMBAHASAN

a. Analisa dengan *forgery* buatan

Pada penelitian ini kami menguji kinerja sistem dengan beberapa contoh *forgery* yang dibuat dengan sedemikian hingga untuk mendapatkan nilai kuantitatif yang tepat terhadap hasil dari analisis

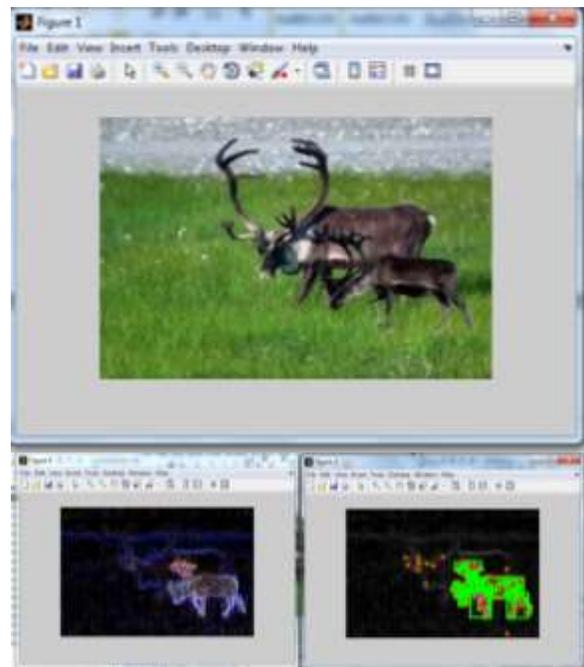


b. Analisa dengan Dataset CASIA V2.0

Walaupun sudah hampir dipastikan terdapat *image forgery* yang terjadi pada citra digital tersebut tapi untuk lebih memastikan hasil deteksi tersebut, digunakanlah *tools* berupa metode *block matching* yang berfungsi untuk membaca kompresi dari ELA tadi dengan merubah gambar yang awalnya format truecolor atau RGB dikonversi menjadi *grayscale*, setelah citra sudah dirubah menjadi keabuabuan maka tahap selanjutnya citra di *thresholding*, *thresholding* sendiri adalah metode paling

sederhana dari segmentasi citra. Dari citra abu-abu, *thresholding* dapat digunakan untuk membuat citrabiner. Pada proses *thresholding*, masing-masing piksel pada sebuah citra ditandai sebagai piksel milik objek jika nilainya lebih besar nilai *threshold*,

Dengan asumsi objek tersebut lebih terang dari latar belakangnya, sehingga daerah yang dicurigai tadi tadi dapat ditandai oleh blok segmentasi dengan *tollbox regionprops* pada matlab dimana seperti yang diketahui bahwa *regionprops* pada matlab memiliki properti yang banyak dan sangat bermanfaat. Salah satu properti yang paling sering digunakan adalah dalam menemukan *centroids* dan *boundingbox*.



c. Analisa Terhadap Studi Kasus

Kasus yang sangat terkenal yang pernah menghebohkan Indonesia adalah kasus foto mesra yang diduga mantan pimpinan Komisi Pemberantasan Korupsi atau KPK Abraham Samad dengan Artis Cita Citata



Dari analisis dengan gambar ada kurang lebih 5 objek yang dicurigai oleh ELA dan *Block Matching* sebagai manipulasi pada gambar, pada nomor 1 ada patung, meja dan tembok yang merupakan objek asing, kemudian untuk objek bernomor 2 ada perpotongan objek yang juga memiliki *error level* yang sangat berbeda dari background gambar, nomor 3 wajah dari abraham samad diindikasikan mengalami perpotongan yang tidak rapi dan terindikasikan mengalami manipulasi, nomor 4 terdapat objek berupa tumpukan buku yang dicurigai oleh ELA dan nomor 5 pada tangan yang diduga Abraham samad juga terdapat perpotongan yang tidak alami, sehingga dapat disimpulkan gambar ini merupakan gambar yang sudah dimanipulasi dan dimasukkan beberapa objek yang bukan merupakan bagian dari latar belakang dan gambar aslinya

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Deteksi *Image Forgery* Menggunakan Metode *Error Level Analysis* dan *Block Matching* dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. ELA sangat baik digunakan mendeteksi *image forgery* dengan teknik *image splicing* karena objek yang disusupkan pada suatu citra akan memiliki resiko lebih tinggi memiliki *error level* yang berbeda dengan citra aslinya, Metode *Block Matching* bisa dimanfaatkan sebagai alat bantu untuk membaca hasil kompresi yang dilakukan oleh ELA untuk mendeteksi manipulasi yang terjadi pada sebuah citra digital dengan memberi blok label pada daerah yang dicurigai karena memiliki *error level* yang berbeda dari daerah citra yang autentik atau asli, metode *block matching* memiliki sensitifitas yang sangat tinggi sehingga mampu mendeteksi dengan baik tanpa membutuhkan analisis dari seorang yang ahli dalam menemukan *error level* yang berbeda pada ELA.
- b. Dari hasil analisis terhadap *image forgery* pada penelitian yang dilakukan terhadap gambar buatan dengan berbagai teknik dan bentuk dimanipulasi dapat dideteksi manipulasi 100% oleh ELA dan *block matching*, hasil analisis terhadap 200 sample gambar dari dataset CASIA V2.0 gambar berwarna dirusak dengan berbagai teknik manipulasi yang dideteksi dengan menggunakan teknik ELA dan dibantu dengan metode *block matching* sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi berhasil mendeteksi 92% *image forgery* dari dataset dengan akurat dan dari gambar yang pernah publis di media nasional.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amani Ahmad AL Ahmadi "Image Forgery Detection Exploiting Image Randomness" King Saud University College of Computer & Information Sciences Department of Computer Science, 2014
- [2]. Bin YANG, Xingming SUN, Xianyi CHEN, Jianjun ZHANG, Xu LI,"An Efficient Forensic Method for Copy-move Forgery Detection Based on DWT-FWHT",Jurnal

- Radio Engineering, Vol. 22, No. 4, Desember 2013
- [3]. Charina g. Marrion "Digital Image Manipulation Detection On Facebook Images", B.S., University of Alabama at Birmingham, 2001
- [4]. Dr. Eng. Agus Naba,"Tutorial Cepat & Mudah Belajar Fuzzy Logic Dengan Menggunakan Matlab", 2009
- [5]. Geetanjali Sahu, Usha Kiran "Survey of Different Techniques for Image Tamper Detection on Digital Images" International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2, Issue 12, December 2013
- [6]. Likai Chena, Wei Lu a, Jiangqun Ni a, Wei Sunb, Jiwu Huang a "Region duplication detection based on Harris corner points and step sector statistics", J. Vis. Commun. Image R, 2013
- [7]. Mohd Dilshad Ansari, S. P. Ghrera & Vipin Tyagi "Pixel-Based Image Forgery Detection: A Review", IETE Journal of Education, 2015
- [8]. Pravin Kakar, Passive Approaches for Digital Image Forgery Detection, School of Computer Engineering 2012
- [9]. Sharmila Sengupta, Miss Prajakta Shinde, Miss Hiral Shah "Image Forgery Detection Techniques for Forensic Sciences", Internasional Jurnal of Software and Hardware Research in Engineering, 2014
- [10]. S.Murali, Govindraj B. Chittapur , Prabhakara H. S and Basavaraj S. Anami, "Comparison And Analysis Of Photo Image Forgery Detection Techniques", International Journal on Computational Sciences & Applications (IJCSA) Vo2, No.6, December 2012
- [11]. Voruganti Arun Kumar Raj, "Digital Image Tamper Detection Tools", Karlsruhe University of Applied Sciences, Germany, 2005
- [12]. Wisnu Nugroho, Bayu Setiaji, "Pembuatan Website Untuk Menganalisis Keaslian Foto Menggunakan Metode Image Forensik", STMIK AMIKOM Yogyakarta, 2016
- [13]. Jonathan R. Sturak, "Forensic Analysis Of Digital Image Tampering" Department Of The Air Force Air University Air Force Institute Of Technology Wright-Patterson Air Force Base, Ohio
- [14]. Yan Zhao, Anthony Sutardja, Omar Ramadan "Digital Image Manipulation Forensic" Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley, 2015
- [15]. Nan Hu "Secure Image Processing", The Graduate School University of Kentucky, 2007
- [16]. Krawetz, Neal. "A Picture's Worth... Digital Image Analysis and Forensics". Hacker Factor Solutions. Black Hat Briefings USA 2007
- [17]. Andrea Costanzo Piccinnano "Techniques for Digital Image Forensics and Counter-Forensics" Ph.D Thesis in Information Engineering University of Siena 2014
- [18]. Muhammad Hussain, "Evaluation Of Image Forgery Detection Using Multi-Scale Weber Local Descriptors" Department of Computer Science, College of Computer and Information Sciences, King Saud University, 2014
- [19]. Pradyumna Deshpande , Prashasti Kanikar "Pixel Based Digital Image Forgery Detection Techniques" International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 2012
- [20]. Hany Farid, "Digital Image Forensics" Dartmouth College Hanover, 2013
- [21]. I-Cheng Chang , J. Cloud Yu, Chih-Chuan Chang, "A forgery detection algorithm for exemplar-based inpainting images using multi-region relation" , Department of Computer Science and Information Engineering, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan, 2013