

## PERLINDUNGAN HAK CIPTA PADA CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN LEAST SIGNIFICANT BIT BERBASIS DETEKSI TEPI CANNY

### Ajib Susanto

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro Semarang  
Email: ajib.susanto@dsn.dinus.ac.id

### Christy Atika Sari

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro Semarang  
Email: atika.sari@dsn.dinus.ac.id

### De Rosal Ignatius Moses Setiadi

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro Semarang  
Email: moses@dsn.dinus.ac.id

### Eko Hari Rachmawanto

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Dian Nuswantoro Semarang  
Email: eko.hari@dsn.dinus.ac.id

### ABSTRAK

*Watermarking* merupakan salah satu ilmu penyembunyian data dengan tujuan untuk mengamankan citra, salah satunya yaitu *copyright protection*. Beberapa algoritma dalam *watermarking* yang dikenal handal pada domain spasial salah satunya *Least Significant Bit* (LSB) yang diketahui telah diimplementasikan pada steganografi dan kriptografi. LSB mempunyai kelebihan dalam hal *imperceptibility*, dengan kata lain pada citra hasil *embedding* maupun *extracting* dengan citra asli tidak terdapat perbedaan secara kasat mata. Untuk meningkatkan *imperceptibility* ke dalam tingkat yang lebih tinggi maka *LSB* akan dikombinasikan dengan *Canny*. Kelebihan *Canny* yaitu tidak merubah persepsi dari citra yang diolah. Pada makalah ini, eksperimen dilakukan menggunakan citra *grayscale* berukuran 256x256 sejumlah masing-masing 4 citra berformat \*.bmp dengan pesan yang akan disisipkan berupa file \*.txt. Hasil dari eksperimen menunjukkan nilai *PSNR* yang tinggi, dimana nilai *PSNR* hasil *embedding* dengan *Canny* hanya 53,8370 dB, sedangkan dengan mengimplementasikan *LSB-Canny* didapat nilai *PSNR* tertinggi 75,6510 dB. Perbedaan yang cukup jauh tersebut diakibatkan oleh penentuan lokasi *embedding* yang dilakukan oleh *Canny*. Perolehan nilai *MSE* yang mendekati 0 maka semakin bagus kualitas citra yang dihasilkan. Nilai *MSE* terbaik yang dihasilkan oleh *LSB* yaitu 0,2688 sedangkan pada *LSB-Canny* nilai *MSE* terbaik yaitu 0,0018.

**Kata kunci:** *watermarking*, *LSB*, *canny*, citra *grayscale*, *PSNR*.

### ABSTRACT

*Watermarking is one of the concealment of data in order to secure the image, one of which is copyright protection. Several algorithms in watermarking are known to be reliable on spatial domains, one of them is Least Significant Bit (LSB) which is known to have been implemented in steganography and cryptography. LSB has advantages in terms of imperceptibility, in other words in the image of embedding or extracting with the original image there is no visible difference. To increase imperceptibility to a higher level then LSB will be combined with Canny. Excess Canny is not change the perception of the image is processed. In this paper, the experiment was carried out using a 256x256 grayscale image of each of 4 \*.bmp format images with messages to be inserted in the \*.txt file. The results of the experiments showed high PSNR values, where the value of PSNR of embedding with Canny was only 53.8370 dB, whereas by implementing LSB-Canny obtained the highest PSNR value of 75.6510 dB. The considerable difference is caused by the determination of embedding location made by Canny. The acquisition value of MSE approaching 0 then the better the quality of the resulting image. The best MSE value produced by LSB is 0.2688 while in LSB-Canny the best MSE value is 0.0018.*

**Keywords:** *watermarking*, *LSB*, *canny*, citra *grayscale*, *PSNR*.

## 1. PENDAHULUAN

Pengolahan citra digital atau *image processing* merupakan salah satu topik penelitian yang terus berkembang dan semakin diminati oleh peneliti. Hal ini dibuktikan dengan berbagai karya ilmiah baik dalam tingkat nasional maupun internasional. Dalam perkembangannya, pengolahan citra diimplementasikan pada citra natural dan citra penyakit misalnya citra rontgen, citra mamogram, citra CT scan maupun citra penyakit pada tanaman. Beberapa topik penelitian mengenai pengolahan citra digital yang populer antara lain segmentasi citra, pengenalan pola, klasifikasi citra, dan *watermarking*. *Watermarking* juga sering dikombinasikan dengan teknik steganografi dan kriptografi [1]. Topik mengenai kriptografi atau steganografi telah dibahas pada penelitian sebelumnya dengan implementasi maupun pengembangan dengan beberapa algoritma misalnya: *End Of File*[2], *Vernam Cipher*[3], *Bit Shifting*[4]. Dalam karya ilmiah ini, akan dibahas mengenai *watermarking* dalam hal sekuriti. *Watermarking* merupakan ilmu untuk mengamankan citra melalui algoritma tertentu yang salah satunya bertujuan pada *copyright protection*[5].

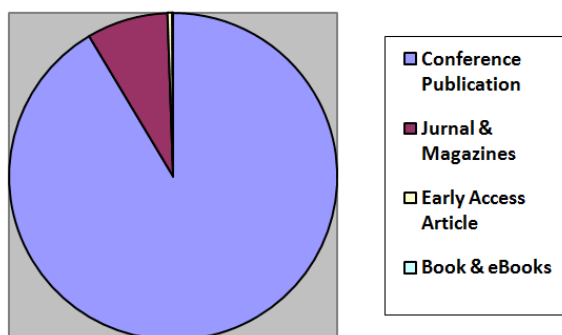
Dalam *watermarking*, terdapat berbagai algoritma yang dapat diterapkan. Setiap algoritma tentunya mempunyai kekurangan dan kelebihan tersendiri dalam implementasinya. Algoritma tersebut dapat diterapkan dalam domain *watermarking* yang saat ini populer yaitu domain spasial dan domain transform. Masing-masing domain ini mempunyai cara kerja tersendiri. Domain spasial dikenal lebih mudah untuk diimplementasikan dibandingkan dengan domain transform. Contoh algoritma pada domain transform yaitu *Slantet Transform (SLT)*[6], *Discrete Cosine Transform (DCT)*[7], *Least Significant Bit (LSB)*.

Dalam penelitian ini, peningkatan kualitas citra dipengaruhi oleh inputan citra setelah dilakukan operasi *watermarking* dengan menggunakan *LSB*. Untuk meningkatkan kualitas citra digunakan metode deteksi tepi *Canny*. *Canny* merupakan salah satu metode deteksi tepi yang mudah dan cepat untuk digunakan dan menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan metode *Sobel*, *Prewitt*, dan *Robert*. Adapun penelitian yang pernah dilakukan untuk menguji performa *Canny* seperti yang telah dilakukan oleh Putra dan Wirdiani [8] pada tahun 2014, yang menggunakan deteksi tepi *Canny* untuk dibandingkan dengan metode deteksi tepi *Sobel* dan *Robert*. Dalam hal ini dihasilkan kesimpulan bahwa deteksi tepi dengan metode *Canny* menghasilkan tepian citra yang lebih optimal dibandingkan *Robert* dan *Sobel*. Penelitian lain mengenai deteksi *Canny* telah dilakukan oleh Ginting pada 2014 menggunakan deteksi tepi *Canny* untuk membedakan uang asli dan uang palsu[9]. Dalam penelitian tersebut terbukti bahwa deteksi tepi *Canny* berhasil membedakan uang asli dan palsu dengan nominal Rp. 50.000,- dan Rp. 100.000,-. Dalam percobaan yang dilakukan, sebelum menggunakan deteksi tepi, citra mula-mula diolah menggunakan morfologi dan *thresholding*. Berdasarkan uji evaluasi dengan *euclidean* dan similitasnya terbukti bahwa metode *Canny* menghasilkan nilai *euclidean* sebesar 42, 626.

Pada point selanjutnya akan dibahas lebih lanjut mengenai urgensi penelitian dan *state of the art*, metode dan algoritma yang digunakan untuk penelitian, hasil eksperimen serta kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

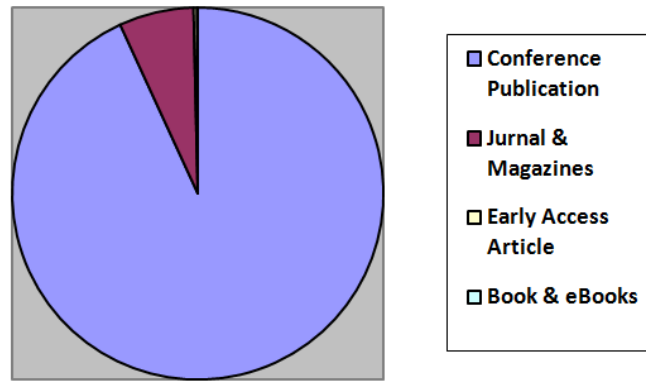
## 2. URGENSI PENELITIAN

Menurut IEEE, mulai dari tahun 2010 hingga 2017 terdapat lebih dari 4,509 penelitian yang membahas mengenai *watermarking* pada semua media dengan sebaran *conference publication* sebanyak 4122, *journal* dan *magazines* sebanyak 263, *early access article* 21 dan *book* dan *ebooks* sebanyak 4, seperti didekripsikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Penelitian Dengan Topik Watermarking Antara Tahun 2010 Hingga 2017

Sedangkan penelitian mengenai *watermarking* yang menggunakan media citra atau *image watermarking* pada IEEE sebanyak 3,231 dengan sebaran *conference* dan *publication* sebanyak 3009, *journal* dan *magazines* sebanyak 210, *earlyaccessarticle* sebanyak 10, dan buku sebanyak 2, dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2. Penelitian Dengan Topik Image Watermarking Antara Tahun 2010 Hingga 2017**

Besarnya pengaruh *watermarking* dalam mengamankan data dan belum banyaknya penelitian mengenai *watermarking* di Indonesia khususnya, maka karya ilmiah ini ditujukan sebagai sarana untuk berkontribusi pada karya ilmiah di Indonesia. *Watermarking* pada dasarnya menggunakan tahapan embedding dan ekstraksi. Pada kedua tahapan tersebut diperlukan algoritma khusus, misalnya algoritma pada spasial domain dan frekuensi domain. Pada spasial domain algoritma yang dapat digunakan yaitu *Least Significant Bit (LSB)*. Berdasarkan beberapa penelitian pada Tabel 1 berikut, dapat dilihat bahwa *LSB* telah diterapkan dengan berbagai tujuan untuk meningkatkan kualitas citra, segmentasi citra, optimasi pada deteksi tepi, dan tujuan lainnya.

Penelitian ini digunakan sebagai salah satu cara untuk mengamankan pesan tanpa diketahui oleh orang lain. Pada proses pengamanan pesan, sering terdapat citra inputan yang kurang optimal. Dalam penelitian ini, proses optimaslisasi citra menggunakan metode deteksi tepi *Canny*. Hasil deteksi tepi *Canny* kemudian menjadi inputan pada porses *watermarking* dengan metode *Least Significant Bit (LSB)*. Selain pesan dapat diproteksi secara optimal, inputan yang digunakan juga sudah optimal dengan adanya metode *Canny*.

**Tabel 1. State of the art image menggunakan algoritma LSB**

Tahun	Peneliti	Algoritma					
		LSB	Hamming Code	DWT	Run Length Encoding	RSA	Canny
2011	SatyaSandika Putra[10]	*				*	
2012	Tjokorda Agung B.[11]	*			*		
2013	Bilal El Kerek[12]	*	*				
2015	Santhoshi Bhatt[13]	*					
2016	SenthilKumaran[14]	*		*			
2017	Ajib Susanto, dkk	*					*

Berdasarkan Tabel 1 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa *LSB* telah diimplementasikan dengan algoritma *DWT*, *RSA*, *Hamming Code* dan *Run Length Encoding*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Santhoshi Bhatt [13] pada tahun 2015 telah menggunakan *LSB* untuk melakukan proses steganografi dan *watermarking* pada 5 buah citra berwarna. File induk berupa citra dan file pesan juga berupa citra telah diuji dan menghasilkan nilai *PSNR* lebih dari 50 dB, sedangkan pada file induk berupa citra dan file pesan berupa teks telah diuji coba dan menghasilkan *PSNR* 90dB. Namun hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tidak dievaluasi menggunakan serangan pada citra hasil.

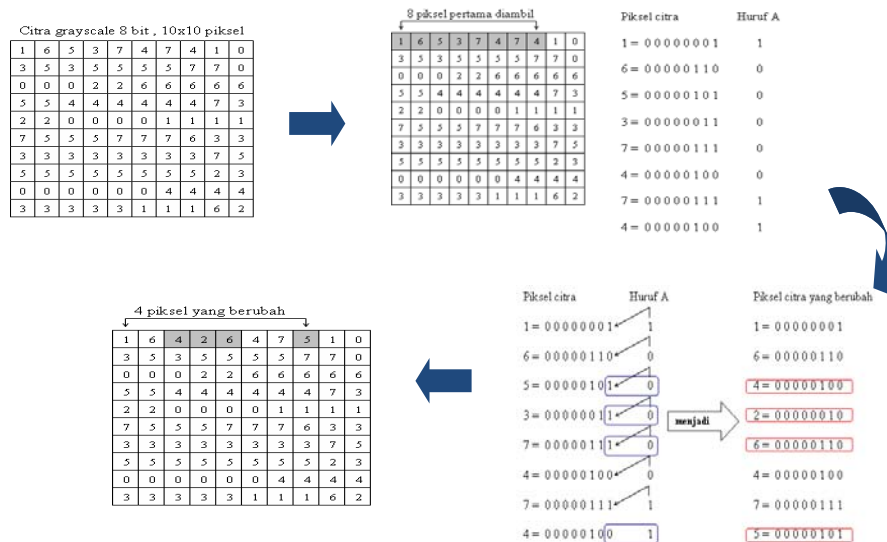
Pada penelitian lain menggunakan *LSB* dan *hamming code* yang dilakukan oleh Bilal El Kerek[12] tahun 2013 terbukti meningkatkan nilai ketahanan citra disbanding hanya dengan menggunakan *LSB* saja. Pada penelitian yang telah kami lakukan menggunakan *LSB* dan *Canny* untuk mengamankan data citra, dalam hal ini algoritma *Canny* digunakan untuk menentukan koordinat penyisipan pesan. Pesan yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk teks. Selanjutnya, algoritma *LSB* dan *Canny* akan dibahas lebih mendalam pada point 3.1 dan 3.2.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 *Least Significant Bit (LSB)*

Dalam perjalannya *LSB* dikenal sebagai *low bit coding*. *LSB* bagian dari algoritma yang selama ini sering diterapkan pada teknik steganografi. *LSB* melakukan modifikasi pada bit-bit yang termasuk pada bit sebuah piksel, dimana posisi bit tersebut akan digantikan oleh pesan yang akan disembunyikan pada media induk terpilih[15]. Penentuan dan perubahan bit tersebut dilakukan dengan cara berurutan mulai dari bit pertama sampai bit terakhir

sesuai dengan panjangnya pesan yang akan disisipkan[16]. Umumnya, proses perubahan ini hanya merubah nilai bit lebih tinggi satu atau lebih rendah satu dari bit sebelum melalui proses. Berikut merupakan contoh implementasi *LSB* pada citra grayscale berukuran 10 x 10 piksel yang akan disisipi dengan pesan berupa huruf "A":



Gambar 3. Tahapan LSB [17]

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pesan berupa nilai biner harus diubah terlebih dahulu menjadi bentuk biner. Nilai biner pada pesan "A" yaitu 10000011, dapat dilihat pada table ASCII. Jumlah digit bilangan biner pada pesan "A" yaitu 8 digit, sehingga hanya 8 digit saja yang diubah pada citra diatas. Tahap selanjutnya yaitu merubah nilai akhir setiap piksel. Pada contoh tahapan diatas terdapat 4 buah piksel yang berubah. Perubahan piksel hanya  $\pm 1$  intensitas saja, sehingga perbedaan yang ditimbulkan setelah proses *LSB* tidak begitu terlihat oleh mata. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan *LSB* nilai *imperceptibility* citra dapat mencapai batas *Human Visual System(HVS)* yaitu 40 dB. Untuk mengoptimalkan kinerja *LSB*, maka piksel mana yang terlebih dahulu akan dipilih sebagai tempat penyisipan pesan akan dilakukan menggunakan algoritma deteksi tepi *Canny*.

### 3.2 Deteksi Tepi Canny

Deteksi tepi merupakan metode yang digunakan untuk optimalisasi tepian citra yang kabur menjadi lebih jelas. Model perhitungan yang digunakan yaitu operasi matriks yang dihitung secara horizontal dan vertical[9]. Pada dasarnya, metode deteksi tepi *Canny* digunakan untuk menghilangkan *noise* dan operasi filetring serta segmentasi citra. Dalam tahapannya deteksi tepi *Canny* mempunyai tahapan: (1) *Smoothing* citra, (2) Menghitung gradien citra, (3) Menghitung supresi maksimal, (4) Operasi *thresholding*. Berikut ini merupakan rumus dasar metode deteksi tepi *Canny* dengan *Gaussian Filter* seperti pada Persamaan (1) dan Persamaan (2):

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(i-j)^2 + (k-l)^2}{2\sigma^2}\right); 1 \leq i, j \leq (2k+1) \quad (1)$$

$$B = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 3 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 8 & 12 & 18 & 12 & 8 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 3 & 4 & 2 \end{bmatrix} * A \quad (2)$$

Dari Persamaan 1 diatas, diketahui bahwa *Kernel Gaussian* yang digunakan yaitu  $(2k+1) \times (2k+1)$ , sedangkan Persamaan 2 merupakan model konvolusi menggunakan matriks 5x5. Setelah melalui proses konvolusi maka citra akan dihitung intensitas gradiennya menggunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4 berikut:

$$G = \sqrt{(G_x)^2 + (G_y)^2} \quad (3)$$

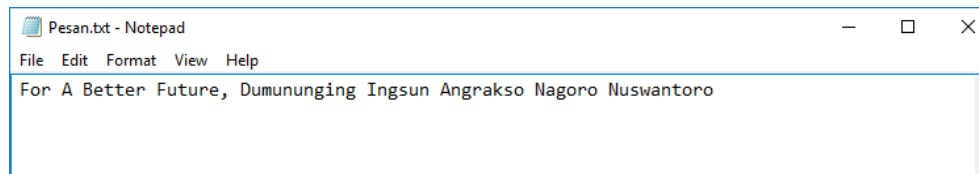
$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{G_y}{G_x} \right) \quad (4)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan 5 buah citra *grayscale* dengan ukuran 256x256 sesuai Gambar 4, sedangkan pesan berupa teks dengan isi pesan sesuai Gambar 4 dalam format file \*.txt.



Gambar 4. Citra Induk Proses Watermarking LSB-Canny



Gambar 5. Isi File Pesan Dengan Format .txt

Sesuai Gambar 4 dan Gambar 5 di atas, hasil eksperimen akan dievaluasi dengan Peak *Signal to Noise Ratio* (*PSNR*). Menurut [18] dan [5] dimana nilai *PSNR* terendah yang memenuhi *Human Visual System (HVS)* yaitu 40 dB sesuai Persamaan 5.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right) \quad (5)$$



Gambar 6. Hasil Embedding Dengan LSB-Canny

Tabel 2. Perbandingan PSNR hasil proses embedding dengan LSB dan LSB-Canny

Nama Citra	Ukuran Citra	PSNR (dB)	
		LSB	LSB-Canny
F16	256 x 256	53.8370	75.1562
Lena	256 x 256	53.8041	75.0571
Fishingboat	256 x 256	53.8235	75.6510
Women	256 x 256	53.8171	74.8034

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa hasil ekstraksi dengan *LSB-Canny* menghasilkan nilai *PSNR* lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan *Canny* saja. Nilai *PSNR* tertinggi *Canny* hanya 53,8370 dB, sednagkan dengan mengimplementasikan *LSB-Canny* didapat nilai *PSNR* tertinggi 75,6510 dB. Perbedaan yang cukup jauh tersebut diakibatkan oleh penentuan lokasi *embedding* yang dilakukan oleh *Canny*. Sedangkan nilai *MSE* yang mendekati 0 maka semakin bagus kualitas citra yang dihasilkan. Seperti tampak pada Tabel 3, bahwa nilai *MSE* terbaik yang dihasilkan oleh *LSB* yaitu 0,2688 pada citra F16 sedangkan pada *LSB-Canny* nilai *MSE* terbaik dicapai oleh Fishingboat yaitu 0,0018.

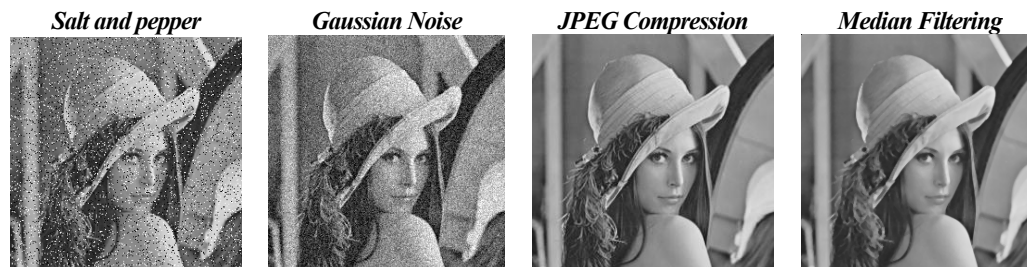
Tabel 3. Perbandingan nilai MSE pada proses embedding dengan LSB dan LSB-Canny

Nama Citra	Ukuran Citra	MSE	
		LSB	LSB-Canny
F16	256 x 256	0.2688	0.0020
Lena	256 x 256	0.2708	0.0020
Fishingboat	256 x 256	0.2696	0.0018
Women	256 x 256	0.2700	0.0022

Untuk mengetahui citra hasil *embedding* yang dilakukan pada eksperimen ini, maka dilakukan pengujian dengan mengimplementasikan serangan berupa *Gaussian Noise* 0.01, *JPEG Compression* dengan  $Q = 75\%$ , *Mean Filtering*, dan *Salt and Pepper* 0.1. Berikut merupakan *listing program* untuk membuat serangan dengan *software matlab*. Sedangkan hasil citra setelah diberi serangan dapat dilihat pada Tabel 4.

```
clear all; close all; clc;
w_image=imread('W.bmp');
A = imnoise(w_image,'salt & pepper',0.1);
imwrite(A,'WsaltPapper.bmp');
A = imnoise(w_image,'gaussian',0,0.01);
imwrite(A,'WGausNoise.bmp');
imwrite(w_image,'WJPEG.jpg','Quality',75);
A = medfilt2(w_image);
imwrite(A,'Wmidf.bmp');
```

Tabel 4. Hasil citra dengan beberapa serangan *image processing* pada citra lena.bmp



## 5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah dipaparkan mengenai teknik *watermarking* untuk *copyrightprotection* dengan menggunakan *LSB-Canny*. Media yang digunakan yaitu citra *grayscale* digital berukuran  $256 \times 256$  dengan format \*.bmp. Hasil penelitian pada proses *embedding* menghasilkan nilai *PSNR* tertinggi yaitu 75,6510 dB dengan perolehan *PSNR* dari seluruh citra yang digunakan lebih dari 74 dB. Dibandingkan dengan *LSB* saja, *PSNR* terbaik yang dihasilkan hanya 53,8370 dB. Sedangkan nilai *MSE* dari hasil eksperimen dengan *LSB-Canny* antara 0.0018 sampai 0.0022. Nilai *PSNR* mendekati 0 merupakan tanda bahwa proses *embedding* berjalan sempurna. Dalam penelitian ini juga telah diterapkan empat buah serangan yaitu *salt and pepper*, *gaussian noise*, *media filtering* dan *JPEG compression*. Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa citra tahan terhadap serangan meskipun kualitas *JPEG compression* yang diimplementasikan mencapai 75%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Karya ilmiah ini merupakan salah satu luaran dari penelitian internal yang dibiayai oleh Udinus pada tahun 2017 sesuai nomor SK Penelitian Nomor 035/A.38.04/UDN-09/III/2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.R.I.M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, and C. A. Sari, "Secure Image Steganography Algorithm Based on DCT with OTP Encryption," *J. Appl. Intell. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- [2] E. H. Rachmawanto, F. I. Komputer, U. Dian, and N. Semarang, "PENGAMANAN FILE MULTIMEDIA DENGAN METODE STEGANOGRAFI END OF FILE UNTUK MENJAGA," vol. 15, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [3] C. A. Sari and E. H. Rachmawanto, "Gabungan Algoritma Vernam Cipher Dan End of File," *Techno.COM*, vol. 13, no. 3, pp. 150–157, 2014.
- [4] C. A. Sari and E. H. Rachmawanto, "Penyembunyian Data Untuk Seluruh Ekstensi File Menggunakan Kriptografi Vernam Cipher dan Bit Shifting," *J. Appl. Intell. Syst.*, vol. 1, no. 3, pp. 179–190, 2016.
- [5] E. H. Rachmawanto, C. A. Sari, Y. P. Astuti, and L. Umaroh, "A robust image watermarking using hybrid DCT and SLT," in *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic)*, 2016, pp. 312–316.
- [6] E. Hari Rahmawanto and C. Atika Sari, "Gabungan SLT-DCT Untuk Steganografi Pengamanan Data Citra Penyakit," *Techno.COM*, vol. 13, no. 1, pp. 38–44, 2014.

- [7] E. H. Rachmawanto and C. A. Sari, "Steganografi Pengamanan Data Citra Penyakit dengan Hybrid SLT-DCT," in *Semantic 2013*, 2013, vol. 2013, no. November, pp. 96–101.
- [8] P. Teguh, K. Putra, N. Kadek, and A. Wirdiani, "Pengolahan Citra Digital Deteksi Tepi Untuk," *J. Merpati*, vol. 2, no. 2, pp. 253–261, 2014.
- [9] E. D. Ginting, J. T. Informatika, F. T. Industri, U. Gunadarma, and P. Citra, "DETEKSI TEPI MENGGUNAKAN METODE CANNY DENGAN," <http://repository.gunadarma.ac.id/1013/>, 2014. .
- [10] S. S. Putra, P. S. Sasongko, and N. Bahtiar, "Verifikasi Kepemilikan Citra Medis dengan Kriptografi RSA dan LSB Watermarking," *J. Sains dan Mat.*, vol. 19, no. 3, pp. 75–81, 2011.
- [11] T. A. B. W. Adiwijaya, and F. P. Permana, "Medical Image Watermarking with Tamper Detection and Recovery Using Reversible Watermarking with LSB Modification and Run Length Encoding (RLE) Compression," 2012, pp. 167–171.
- [12] B. El Kerek, H. El Baba, M. El, and B. El Hassan, "A New Technique to Multiplex Stereo Images : LSB Watermarking and Hamming Code," in *First International Conference on Artificial Intelligence, Modelling & Simulation*, 2013, pp. 267–271.
- [13] S. Bhattt, A. Ray, A. Ghoshttt, and A. Raytttt, "Image Steganography and Visible Watermarking using LSB Extraction Technique," in *9th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)2015*, 2015.
- [14] N. Senthilkumaran and S. Abinaya, "Comparison Analysis of Digital Image Watermarking using DWT and LSB Technique," in *International Conference on Communication and Signal Processing, April 6-8, 2016, India*, 2016, pp. 448–451.
- [15] M. M. Kurdi, I. A. Elzein, and A. M. Zeki, "Least Significant Bit (LSB) and Random Right Circular Shift (RRCF) in Digital Watermarking," 2016, pp. 111–116.
- [16] K. A. Al-Afandy, O. S. Faragallah, A. Elmhawly, E.-S. M. El-Rabaie, and G. M. El-Banby, "High security data hiding using image cropping and LSB least significant bit steganography," in *2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt)*, 2016, pp. 400–404.
- [17] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, O. Nurhayati Dwi, and Wijanarto, *Teori Pengolahan Citra Digital*. 2009.
- [18] M. A. Faizal, H. B. Rahmalan, E. H. Rachmawanto, and C. A. Sari, "Impact Analysis for Securing Image Data using Hybrid SLT and DCT," vol. XX, no. ICSIC, 2012.