

Implementasi Steganografi Video dengan Menggunakan Metode Egypt, Least Significant Bit (LSB) dan Least Significant Bit (LSB) Fibonacci Edge Pixel

Ranida Pradita^{1*}, Ida Nurhaida²

¹PT. Dwidasa Samsara Indonesia, Jakarta

²Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*rani.pradita@dwidasa.com

Abstrak

Seiring dengan perkembangan teknologi 5G, penyebaran dengan menggunakan video semakin besar dan mudah. Penyebaran informasi baik yang tersembunyi atau tidak semakin mudah disebarluaskan dengan menggunakan internet. Steganografi adalah cara menyembunyikan informasi dalam image atau video. Steganografi berbentuk digital image, text, audio, video, 3D model, dan lain-lain. Media digital yang popularitasnya paling tinggi dalam penelitian algoritma steganografi dengan menggunakan media digital image. Tulisan ini menggunakan media digital video karna media penelitian sebelumnya menggunakan media digital image. Pada tulisan ini akan diulas dan dianalisis tentang video steganografi dengan menggunakan metode *Egypt, Least Significant Bit (LSB)*, dan *Least Significant Bit (LSB) Fibonacci Edge Pixel*. Analisis video steganografi ini bertujuan untuk mendeteksi video yang mengandung unsur pesan rahasia yang kemungkinan untuk pengintaian. Hasil *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* yang didapat dari penelitian ini rata-rata 40.46 dB dan menghasilkan rata-rata presentase similarity 30.67 %. Rata-rata *Mean Square Error (MSE)* pada penelitian ini adalah sebesar 0.50657. Untuk metode yang paling optimal yang digunakan dalam video steganografi adalah dengan menggunakan Metode Egypt.

Keywords: Steganografi; Metode Egypt; Least Significant Bit (LSB); Fibonacci Edge Pixel

DOI: 10.22441/incomtech.v10i1.7282

1. PENDAHULUAN

Steganografi adalah ilmu yang menjamin komunikasi rahasia melalui multimedia carrier seperti image, audio, dan file video. Steganografi adalah menyembunyikan data rahasia dalam file pembawa sehingga tidak terdeteksi. Untuk itu, aplikasi Steganografi harus memiliki fitur seperti tidak terdeteksi;

ISSN 2085-4811, eISSN: 2579-6089

ketahanan; perlawanan untuk berbagai proses gambar, menyanyikan metode, dan kompresi, dan kapasitas data tersembunyi [1]. Pada saat bersamaan, fitur itu membedakan aplikasi Steganografi dari aplikasi *watermarking* dan kriptografi [2]. Parameter *undetectability* telah dicapai dengan menyembunyikan data secara in line dengan sistem penglihatan manusia. Dalam hal ini, telah ditentukan dengan menggunakan batas panjang gelombang cahaya yang terlihat dari file pembawa piksel dimana data disembunyikan. Rasio *signal-to-noise* telah digunakan untuk mengevaluasi pendeteksian dan kualitas stego-image dimana informasi rahasia disematkan sebagai hasil data proses embedding [3].

Fakta bahwa Steganografi tampaknya merupakan aplikasi yang berguna pada pilihan pertama, mungkin masih digunakan untuk niat yang buruk [4][5]. Sebagai contoh, adalah fakta yang terkenal bahwa organisasi teroris yang bertujuan untuk melakukan tindakan ilegal berbagi informasi seperti rencana tindakan, tempatnya, dan waktunya di Internet menggunakan metode tersebut.

Tabel 1. Perbandingan metode penelitian sebelumnya

No	Author, Year, Title	Method	Media	PSNR (dB)	MSE
1	R. J. Mustafa and K. M. Elleithy [6]	KLT Tracking and ECC	Video	53,73	0,0443
2	D. Suneetha and R. K. Kumar [7]	Fibonacci Edge Pixel	Image	78,47	0,0028
3	R. Chdanramouli, N. Memon [16]	LSB	Image	78,13	0,0029
4	A. H. Hadi [9]	EBCDIC	Image	72,36	0,0042

Pada Tabel 1 dapat terlihat steganografi telah dijadikan bahan penelitian oleh peneliti sebelumnya. Penelitian Steganografi sebelumnya menggunakan media image dan video. Untuk penelitian menggunakan video masih sangat jarang. Penelitian sebelumnya masih banyak menggunakan media image pada penelitiannya dengan beberapa metode berbeda seperti yang terlihat pada tabel tersebut sebagai referensi pada penelitian ini. Metode-metode yang digunakan dengan media image atau gambar adalah metode Fibonacci edge pixel, LSB, dan EBCDIC. Metode yang menggunakan media video adalah KLT tracking dan ECC.

Untuk referensi yang digunakan dalam penelitian tentang steganografi video adalah penelitian yang ditulis oleh Ramadhan J. Mustafa. Pada sebuah penelitian disertasinya yang berjudul Efficient Dan Robust Video Steganografi Algorithms for Secure Data Communication. Pada penelitian tersebut menghasilkan rata-rata PSNR 53.73 dB dan MSE 0.0443. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa algoritma mencapai kapasitas penyisipan yang lebih tinggi serta daya tembus yang lebih baik dengan menggunakan media video stego [6].

Pada jurnal ilmiah yang ditulis oleh Davuluri Suneetha yang berjudul Data Hiding Using Fibonacci EDGE Based Steganografi for Cloud Data yang terpublikasi pada tahun 2017 meneliti steganografi dengan menggunakan media image dan menghasilkan rata-rata PSNR 78.47 db dan MSE 0.0028. Penulis menyebutkan bahwa algoritma tersebut menyembunyikan data dalam piksel tepi Fibonacci gambar dan memastikan keamanan yang lebih baik terhadap penyerang atau attacker. Pada penelitian tersebut menyebutkan juga tentang penyalahgunaan

steganografi sebagai alat untuk penyerangan untuk kepentingan barat oleh anggota organisasi teroris [7].

Untuk penelitian dengan menggunakan metode LSB dan EBCDIC, terlihat pada Tabel 1 menghasilkan nilai PSNR dan MSE yang lebih kecil daripada menggunakan metode Fibonacci edge pixel. Sehingga pada penelitian saat ini lebih meneliti secara mendalam menggunakan LSB Fibonacci edge pixel. Selain itu, seiring dengan perkembangan teknologi 5G. Penyebaran dengan menggunakan video semakin besar dan mudah. Penyebaran informasi baik yang tersembunyi atau tidak semakin mudah disebar luaskan dengan menggunakan internet.

Steganografi adalah cara menyembunyikan informasi dalam image atau video [7]. Steganografi berbentuk digital image, text, audio, video, 3D model, dan lain-lain. Angka terbesar algoritma steganografi, popularitas yang tertinggi menggunakan digital image [8][9].

Aplikasi Steganografi memanfaatkan secara intens citra digital karena mereka bisa dengan cepat berbagi melalui internet dan menyediakan kapasitas penyimpanan data yang tinggi. Sebagian besar studi dalam literatur berada pada gambar hitam dan putih karena rumitnya proses pembuatannya. Bagaimanapun, tidak lagi berlaku untuk gambar warna yang saat ini dibagikan melalui Internet. Poin penting lainnya dalam pengertian itu adalah itu kapasitas penyimpanan data dari gambar berwarna 3 kali lebih banyak daripada citra hitam dan putih [9].

Di era internet ini, komunikasi melalui surat pos atau melalui Jaringan telepon tetap atau *Public Switched Telephone Network* (PSTN) sudah ketinggalan jaman. Dalam waktu dekat, berbicara melalui telepon seluler atau mengirim e-mail mungkin menjadi usang, karena panggilan VOIP dan obrolan video berkembang menjadi saluran komunikasi termurah dan paling inovatif. Belakangan ini, salah satu cara komunikasi yang trendi adalah berbagi video di situs jejaring sosial, di mana dalam satu menit, adalah mungkin untuk menjangkau domain publik yang lebih luas. Video-video tersebut dibuat untuk semua subjek seperti film, lagu, animasi, iklan, resep, ceramah, handcrafts dll., Dan dapat dengan mudah dibagikan melalui situs jejaring sosial seperti YouTube, Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, Reddit, dan lain-lain. Seperti rilis terbaru dari situs berbagi video YouTube yang paling populer, mereka memiliki lebih dari 1.300.000.000 pengguna dan setiap hari para pengguna menonton satu miliar jam video; Dalam setiap menit, sekitar 300 jam video diunggah ke YouTube. Semua fakta ini mengungkapkan bahwa video meraih hampir 80% data digital sekarang-per-hari [11].

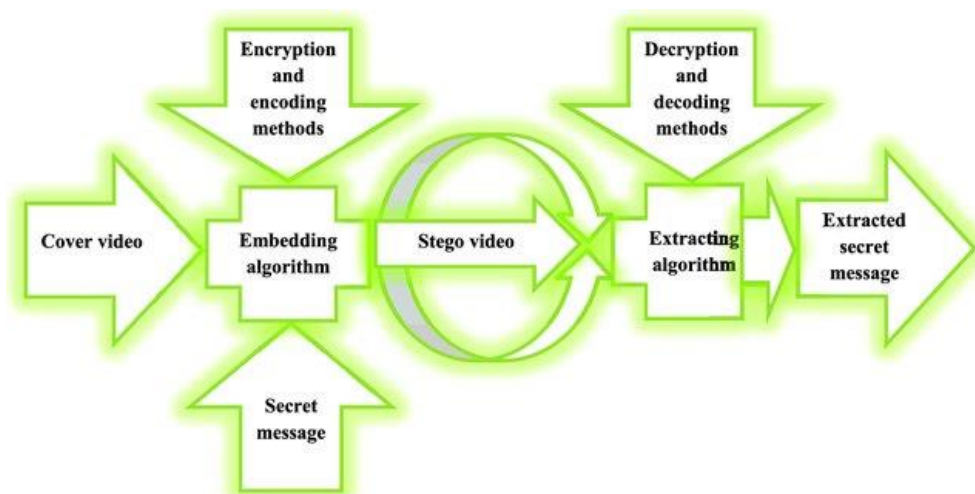
Karena komunikasi menggunakan video menjadi umum, komunikasi video perlu diubah untuk melindungi dari gangguan. Video juga dapat digunakan sebagai pembawa data rahasia, yang dapat dikirimkan ke seluruh dunia ke penerima yang dituju tanpa hambatan apa pun dari administrator jaringan atau penyusup, karena tidak ada yang dapat mengantisipasi adanya data rahasia, tersembunyi di dalam video. Steganografi adalah teknik yang sangat primitif dari data yang bersembunyi di mana kecuali pengirim dan penerima yang dituju, tidak ada yang menyadari keberadaan data tersembunyi bahkan di luar dugaan mereka. Dengan kedatangan internet, steganografi digital menggantikan cara primitif steganografi [11].

Tulisan ini mengulas tentang implementasi dan menganalisis tentang video steganografi dengan menggunakan metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci Edge Pixel. Analisis dan implementasi video steganografi ini bertujuan untuk mendeteksi video yang mengandung unsur pesan rahasia yang kemungkinan untuk pengintaian dan sebagai wujud usaha dalam pertahanan suatu bangsa

2. METODE PENELITIAN

2.1 Video Steganography

Video Steganografi adalah menyembunyikan data dengan menggunakan file video dimana data dalam bentuk *compressed format*, sebagaimana terlihat pada Gambar 1 [7].



Gambar 1. Diagram umum metode Steganografi

2.2 Deret Fibonacci

Barisan bilangan fibonacci didefinisikan melalui Persamaan (1) [12].

$$\begin{cases} 0 & n < 0 \\ 1 & n = 0 \\ F(n-1) + F(n-2) & n > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Basis F_n Fibonacci direpresentasikan melalui Persamaan (2)

$$F(n) = F(n-1) + F(n-2) \quad \forall n \geq 2 \quad (2)$$

2.3 Least Significant Bit

Dalam metode penyisipan LSB klasik, pesan rahasia dimasukkan ke dalam least significant bit-plane dari citra host baik dengan mengganti bit secara langsung atau dengan memodifikasi bit tersebut sesuai dengan fungsi tertentu. Strategi penyisipan juga dapat didasarkan pada penyisipan pesan secara berurutan atau penyisipan pesan secara selektif di area "noisy" atau penyebaran secara acak di seluruh citra. Metode terbaru menerapkan LSB tidak hanya di least significant

bit-plane, namun juga di bit-plane lainnya atau campuran keduanya, seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Bit yang diganti adalah LSB karena perubahan tersebut hanya mengubah nilai byte 1 level lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai sebelumnya. Misalkan byte tersebut didalam gambar memberikan persepsi warna merah, maka perubahan satu bit LSB hanya mengubah persepsi warna merah yang tidak terlalu berarti. Mata manusia tidak dapat membedakan perubahan sekecil itu [13] [14] [15].

2.4 Least Significant Bit

Mendapatkan representasi pecahan Mesir dari suatu bilangan rasional q menggunakan metode ini dilakukan dengan mengambil pecahan unit pertama berupa pecahan satuan terbesar yang lebih kecil dari q , dan kemudian mengulang proses tersebut untuk hasil pengurangan q dengan pecahan satuan yang dipilih tersebut. Jika $q > 1$, terlebih dulu dilakukan pemisahan bagian bulat dari q (menggunakan fungsi $\text{floor}, |q|$) kemudian memproses bagian pecahannya (yaitu $q - |q|$) menggunakan metode yang telah disebutkan sebelumnya.

Untuk melihat kebenaran dari algoritma ini dan menganalisa performanya, misalkan masukan untuk sebuah pecahan x/y . Setelah langkah pertama, sisa bilangan yang didapat adalah $(y \bmod x)/y[y/x]$ dengan pembilang yang lebih kecil dari sebelumnya. Begitu seterusnya, pembilang akan terus berkurang pada setiap langkah, sehingga tidak akan terjadi kalang tanpa henti. Satu-satunya kesalahan yang mungkin terjadi adalah jika ada dua pecahan satuan yang sama, namun kasus ini tidak akan dijumpai karena penyebut dari pecahan satuan terus bertambah (sehingga pecahan semakin kecil) [16] [17][18].

Algoritma penyisipan dengan Metode Egypt sebagai berikut:

$C = \text{im_carrier}$

$S = \text{im_secret}$

$G = \text{im_stego}$

- (1) Lakukan 2D-DWT pada C dan S untuk mendapatkan 4 subimage untuk masing-masing: $(\text{CLL1}, \text{CLH1}, \text{CHL1}, \text{CHH1})$ dan $(\text{SLL1}, \text{SLH1}, \text{SHL1}, \text{SHH1})$
- (2) Ambil SLL1 , CLL1 dan SHL1 . Bagi mereka menjadi blok-blok 4×4 piksel sehingga:
 - $\text{SLL1} = \{ \text{BS}_i; 1 \leq i < \text{ns} \}$
 - $\text{CLL1} = \{ \text{BCK}_1; 1 \leq k_1 < \text{nc} \}$
 - $\text{CHL1} = \{ \text{BHK}_2; 1 \leq k_2 < \text{nc} \}$
 - BS_i adalah blok di SLL1
 - BCK_1 adalah blok k_1 di CLL1
 - BHK_2 adalah blok k_2 di CHL1
 - ns adalah jumlah blok 4×4 di SLL1
 - nc adalah jumlah blok 4×4 di CLL1 atau CHL1 (ukurannya sama)
- (3) Untuk setiap blok BS_i di SLL1 , cari minimum blok BCK_1 yang paling cocok kesalahan dalam CLL1 . Cari menggunakan root mean squared error (RMSE). Kunci K_1 terdiri dari alamat k_1 dari blok paling cocok di CLL1 .
- (4) Hitung blok kesalahan, EB_i , antara BCK_1 dan BS_i sebagai berikut:
 - $\text{EB}_i = \text{BCK}_1 - \text{BS}_i$

(5) Untuk setiap blok kesalahan Ebi, temukan blok minimum yang cocok dengan BHK2 kesalahan di CHL1. Cari menggunakan root mean squared error (RMSE).

Kunci K2 terdiri dari alamat k2 dari blok paling cocok di CHL1.

(6) Ulangi (3) hingga (5) sampai semua blok kesalahan tertanam di CHL1.

(7) Menerapkan 2D-IDWT ke (CLL1, CLH1, CHH1, CHL1) untuk mendapatkan G.

Algoritma ekstraksi dengan Metode Egypt sebagai berikut:

(1) Lakukan 1 level 2D-IDWT pada G untuk mendapatkan 4 subimage: (GLL1, GLH1, GHL1, GHH1)

(2) Ekstrak blok BCK1 dari GLL1 menggunakan K1

Ekstrak blok EBi dari GHL1 menggunakan K2

Dapatkan BSi dengan:

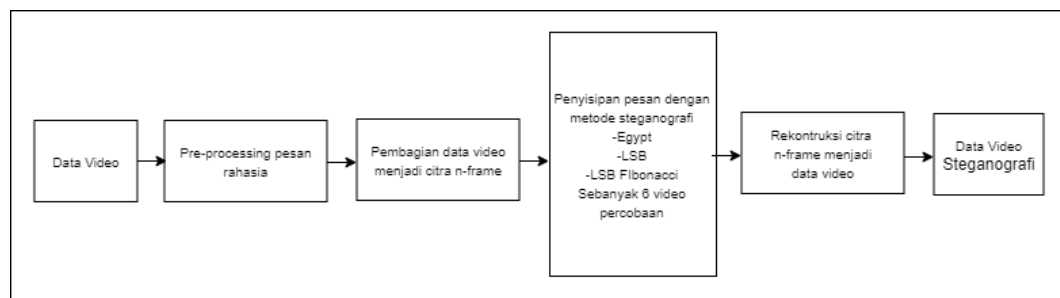
$$BSi = BCK1 - EBi$$

(3) Ulangi (2) sampai semua blok rahasia diekstraksi dan bentuk subimage SLL1

(4) Atur SHL1, SLH1 dan SHH1 ke nol. Terapkan 2D-IDWT untuk mendapatkan gambar rahasia

2.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini menggunakan kombinasi tiga metode, yaitu Metode Egypt, Metode LSB dan deret Fibonacci dengan pesan rahasia berupa teks sebanyak tujuh belas karakter, yaitu 'universitas mercu'. Untuk pre-processing, hal pertama yang dilakukan adalah mengubah video menjadi citra sebesar n- frame. Proses ini berlaku pada semua metode. Untuk pasca-processing berlaku sebaliknya, yaitu mengubah kumpulan citra n-frame menjadi video awal. Proses steganografi secara umum diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses steganografi secara umum

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa proses steganografi dimulai dari berupa data video menjadi data video dari hasil penyisipan dengan metode steganografi seperti metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci.

Berikut ini uraian lengkap dari proses pada Gambar 2, sebagai berikut:

1. Data video, menggunakan beberapa data dari sampel MATLAB yang terdiri dari enam video yang bertipe mp4, yaitu: bunny.mp4, xylophone.mp4, viplanedeparture.mp4, vipbarcode.mp4, vipboard.mp4, dan atrium.mp4
2. Pre-processing pesan rahasia, mengubah setiap nilai karakter menjadi urutan biner. Untuk pesan teks pada penelitian ini menggunakan 2 kata yang berisi 17 karakter, yaitu: 'universitas mercu'
3. Pembagian data video menjadi citra n-frame, mengubah video menjadi citra sesuai dengan inputan frame. Pada penelitian ini dibagi menjadi 100 frame.

4. Penyisipan dengan metode steganografi seperti metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci. Hal ini untuk membandingkan hasil dari tiga metode tersebut.
5. Rekonstruksi citra n-frame menjadi data video. Setelah dilakukan penyisipan dengan tiga metode. Citra tersebut dikumpulkan kembali menjadi video dari hasil proses steganografi.
6. Data video steganografi, pada proses ini menghasilkan hasil seperti: PSNR, similarity, decode time, encode time, dan different size. Perbandingan ini dihasilkan dari data video awal dan data video steganografi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian ini, citra video yang diuji sebanyak enam video, yaitu salah satunya adalah xylophone.mp4. Dalam pengujian ini, citra video yang diuji sebanyak enam video yang bertipe mp4. Untuk pembagian frame-nya juga digunakan frame sebesar 100 frame. LSB memerlukan waktu yang lebih lama karena mengambil pesan teks rahasia secara utuh dan dapat diaplikasikan frame yang lebih sedikit daripada metode Egypt. Frame yang dapat digunakan dengan metode Egypt dapat mencapai 100 frame. Sedangkan LSB dan LSB Fibonacci edge pixel juga dapat di aplikasikan dengan 100 frame.

Rata-rata PSNR dari percobaan ini adalah sebesar 40.46 dB. Rata-rata similarity adalah sebesar 30.67%. Dan rata-rata MSE adalah sebesar 0.50657. Dapat dilihat bahwa pada percobaan Mstafa, Ramadhan J. 2017 dengan metode KLT tracking and ECC menghasilkan PSNR 53.73 dB. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci lebih buruk dalam hasil perolehan PSNR.

Pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 8, dapat dilihat bahwa pada saat sebelum dan sesudah dilakukan steganografi dengan tiga metode berbeda yaitu, dengan metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci menunjukkan hasil gambar yang sama oleh indera mata. Dalam penelitian ini dapat dilihat dari proses perhitungan dengan menggunakan simulasi MATLAB. Dalam simulasi itu menghasilkan nilai yang berbeda pada masing-masing proses, sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sampel Hasil Pengujian

No	Nama Video	Metode	Frame	PSNR (dB)	Similarity (%)
1		Egypt	100	43.124387	97.222222
2	xylophone.mp	LSB	100	42.062499	0.059948
3	4	LSB Fibonacci	100	41.396514	0.095703

Tabel 2. Sampel Hasil Pengujian (Lanjutan)

No	Nama Video	Encode Time (s)	Decode Time (s)	Length (byte)	Old Size (kb)	New Size (kb)
1	xylophone	0.395137	0.02741	18	109	110
2	one.mp	0.003309	0.00073	9600	109	116
3	4	1.634269	0.0007	9600	109	110



Gambar 3. Sebelum Steganografi Egypt



Gambar 4, Sesudah Steganografi Egypt

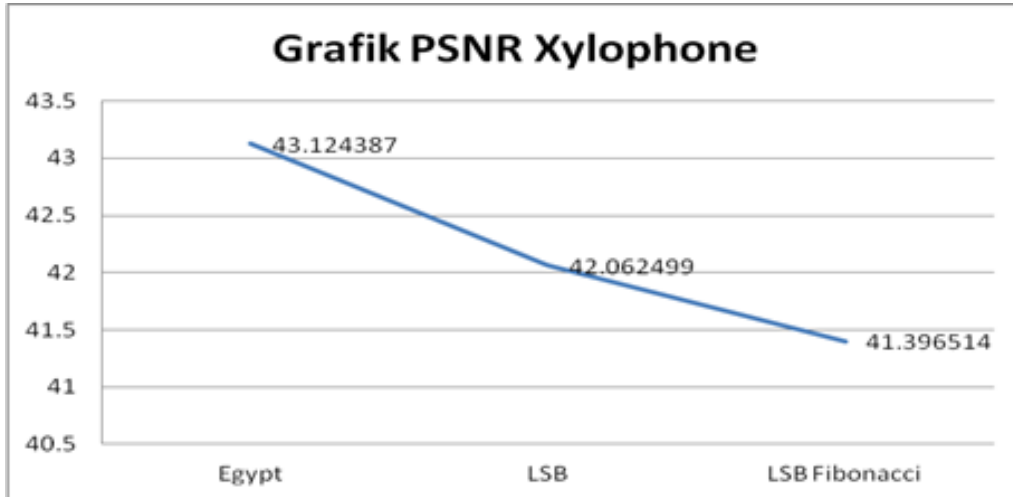


Gambar 5. Sebelum Steganografi LSB



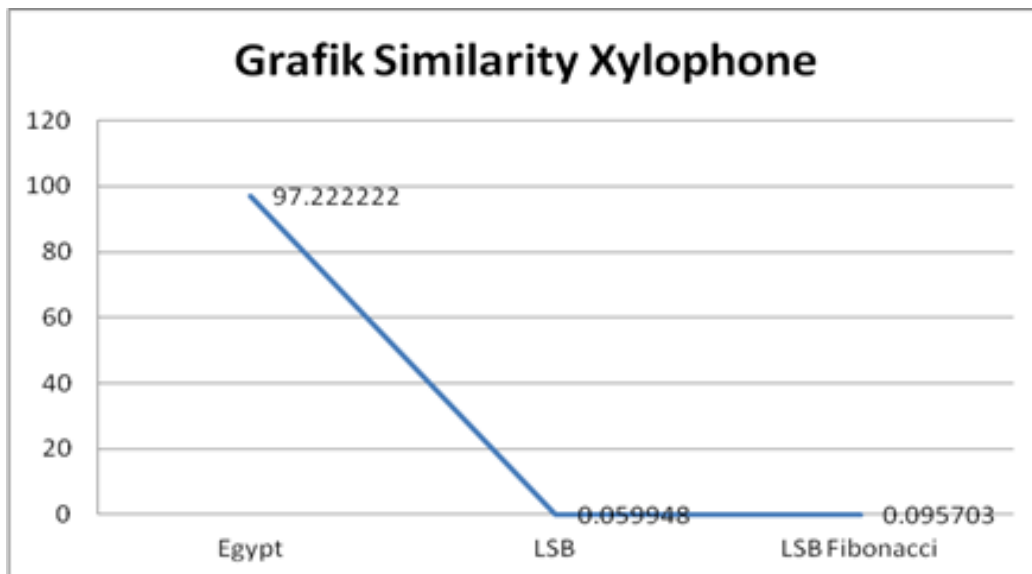
Gambar 6. Sesudah Steganografi LSB

Gambar 7. Sebelum Steganografi LSB
FibonacciGambar 8. Sesudah Steganografi LSB
Fibonacci



Gambar 9. Grafik PSNR Xylophone

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai PSNR tertinggi pada percobaan video xylophone adalah dengan menggunakan metode Egypt. Metode Egypt menghasilkan PSNR 43.12 dB. Setelah itu, Metode LSB mendapatkan PSNR 42.06 dB. Dan metode LSB fibonacci mendapatkan nilai PSNR yang paling rendah yaitu, 41.39 dB.



Gambar 10. Grafik Similarity xylophone

Similarity pada percobaan video xylophone yang tampak pada Gambar 10 tidak mencapai 100%, yaitu hanya sekitar 97.77% pada metode Egypt. Untuk grafik yang lain memiliki hasil yang sama seperti percobaan video bunny.

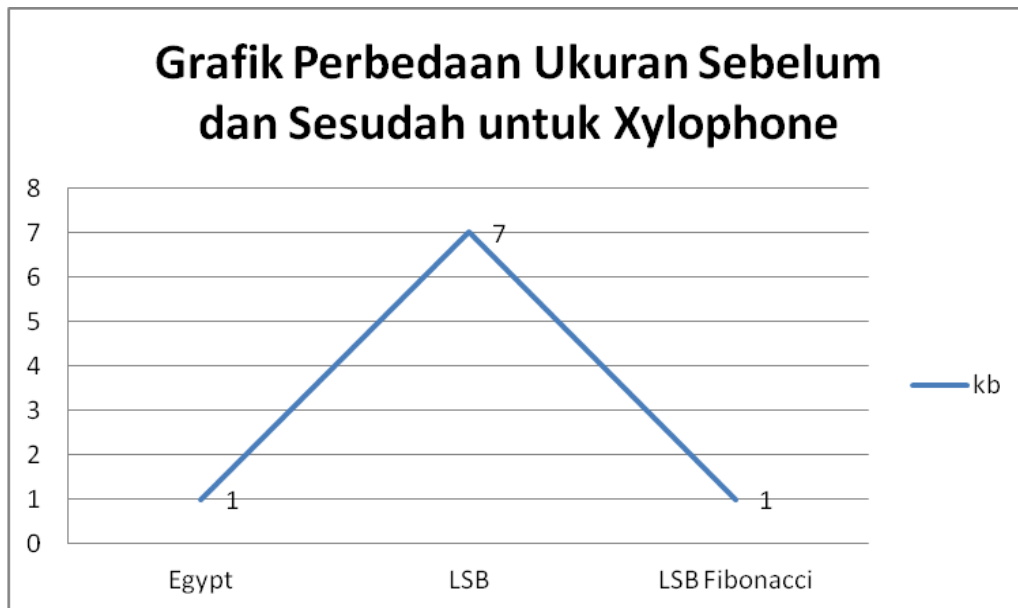
Untuk pola grafik pada gambar yang telah dimunculkan, dapat disimpulkan untuk setiap percobaan menghasilkan nilai yang pola grafiknya sama. Metode Egypt menjadi yang paling tertinggi dengan nilai PSNR 39.69 dB daripada metode lainnya seperti metode LSB dan LSB Fibonacci yang dapat terlihat pada berbagai grafik.

Pada Gambar 11 menunjukkan perbedaan ukuran video sebelum dan sesudah dilakukannya steganografi pada video xylophone. Terlihat bahwa hasil dari

ukuran metode Egypt dan LSB Fibonacci adalah sama. Selisih hasilnya adalah 1 kb pada kedua metode tersebut.

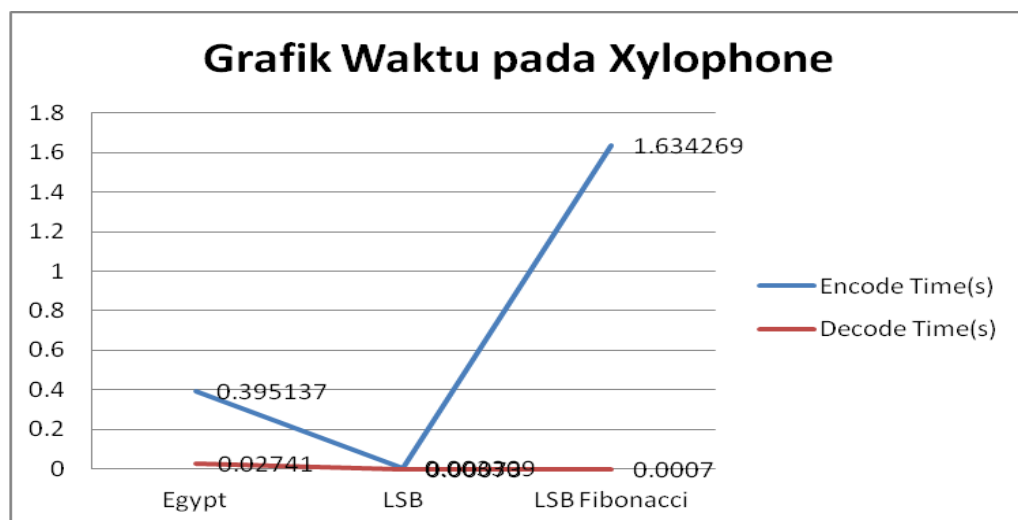
Pada Gambar 12 menunjukkan waktu encode dan decode pada video xylophone. Metode dengan algoritma tercepat diduduki oleh Metode LSB yang menghasilkan waktu sebesar 0.003309 untuk encode dan 0.00073 untuk decode.

Dengan adanya sampel citra pada beberapa frame dari hasil proses steganografi, dapat dilihat tidak ada perbedaan antara sebelum dan sesudah proses yang nampak oleh penglihatan indera mata. Dapat dikatakan citra-stego mirip dan tidak dapat di bedakan.



Gambar 11. Grafik perbedaan sebelum dan sesudah untuk xylophone

Terlihat oleh grafik bahwa hasil PSNR linier atau tidak menunjukkan nilai yang terlalu ekstrem. Pada beberapa hasil grafik menunjukkan ada garis lurus dan berada pada nilai kurang dari 40 dB. Hal ini menunjukkan konsistensi pada setiap metode yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 12. Grafik waktu pada xylophone

4. KESIMPULAN

Hasil PSNR yang didapat dari penelitian ini rata-rata 40.46 dB dan menghasilkan rata-rata presentase similarity 30.67%. Rata-rata MSE pada penelitian ini adalah sebesar 0.50657. Dari hasil percobaan dengan metode Egypt, LSB, dan LSB Fibonacci terbukti menghasilkan PSNR lebih kecil daripada penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode KLT tracking and ECC yang menghasilkan PSNR 53.73 dB. Untuk metode yang paling optimal yang digunakan dalam video steganografi adalah dengan menggunakan metode Egypt dengan hasil similarity mencapai 100% dan rata-rata PSNR yaitu, 43.67 dB.

Penelitian ini perlu dikembangkan lagi untuk mendapatkan metode lain yang paling optimal dalam pengaplikasian video steganografi.

REFERENSI

- [1] Y. Liu, S. Liu, Y. Wang, H. Zhao, and S. Liu, "Video steganography: A Review," *Neurocomputing*, vol. 355, pp. 238-250, March 2019. DOI: 10.1016/j.neucom.2018.09.091.
- [2] D. Tan, Y. Lu, X. Yan, and X. Wang, "A Simple Review of Audio Steganography," *2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Chengdu, China, 2019, pp. 1409-1413. DOI: 10.1109/ITNEC.2019.8729476
- [3] H. Caballero Hernández, V. Muñoz Jiménez, M. A. Ramos-Corchado, A. Morales-Reyes and M. Romero-Huertas, "A Review of Steganography Techniques for Digital Information Transmission for Secure Channels with Digital Images," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 11, pp. 1831-1842, November 2019. DOI: 10.1109/TLA.2019.8986421
- [4] S. Karakus and E. Avci, "Application of Similarity-Based Image Steganography Method to Computerized Tomography Images," *2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)*, Barcelos, Portugal, 2019, pp. 1-4. DOI: 10.1109/ISDFS.2019.8757521
- [5] W. Ren, Y. Xu, L. Zhai, L. Wang and J. Jia, "Fast carrier selection of JPEG steganography appropriate for application," in *Tsinghua Science and Technology*, vol. 25, no. 5, pp. 614-624, Oct. 2020. DOI: 10.26599/TST.2019.9010069
- [6] R. J. Mustafa and K. M. Elleithy, *Efficient and Robust Video Steganography Algorithms For Secure Data Communication*, University of Bridgeport, Connecticut, 2017
- [7] D. Suneetha and R. K. Kumar, "Data Hiding Using Fibonacci EDGE Based Steganography for Cloud Data," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, no. 16, pp. 5565-5569, 2017
- [8] R. A. Sonawane and D. Sonawane, "Reversible Texture Synthesis Using Three Level Security in Steganography," *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, vol. 3, 2017
- [9] A. H. Hadi, "Secret Message Encoded by EBCDIC In Multiple DCT For Two Covers," *Al-Qadisiya Journal for Engineering Sciences*, vol. 5, no. 3, pp. 224-234, 2012
- [10] I. Coskun, F. Akar and O. Cetin, "A new digital image steganography algorithm based on visible wavelength," *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 21, no. 2, pp. 548-564, January 2013. DOI: 10.3906/elk-1108-74
- [11] B. G. Banik, "Exploring Recent Advances in Digital Video Steganography and Future Scope", In *St. Thomas' College of Engineering and Technology*, India, 2019. DOI: 10.4018/978-1-5225-7107-0.ch004
- [12] D. De Luca Picione, F. Battisti, J. Astola, and K. Egiazarian, "A Fibonacci LSB Data Hiding Technique," *2006 14th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2006)*, Florence, Italy, 2006, pp. 1-5.
- [13] T. Haryanti et al., "Discrete Wavelet Transform and QR decomposition-based Image Steganography using Least Significant Bit and Fibonacci Sequence", *e-Proceeding of Engineering*, Indonesia, Maret 2018, vol. 5, no.1.

- [14] S. A. Rukmono, "Membangun Pecahan Mesir (Egyptian Fraction) dengan Metode-Metode Berbasis Aproksimasi, *Makalah IF2251 Strategi Algoritmik Tahun 2008*, Indonesia, 2008, pp. 1-4.
- [15] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 1-14, April 2004
- [16] R. Chandramouli and N. Memon, "Analysis of LSB based Image Steganography," *Proceedings 2001 International Conference on Image Processing (Cat. No. 01CH37205)*, Thessaloniki, Greece, October 2001. pp. 1022-1022
- [17] M. Yu, K. Deng, H. yang, and C. Qin, "Improved WaSH Feature Matching Based on 2D-DWT for Stereo Remote Sensing Images," *Sensors*, vol. 18, no. 10, pp. 3494, October 2018. DOI: 10.3390/s18103494
- [18] Z. Tang, et al., "Robust Image Hashing via Random Gabor Filtering and DWT," *Tech Science Press CMC*, vol. 55, no. 2, pp.331-344, 2018. DOI: 10.3970/cmc.2018.02222