STEGANOGRAFI GAMBAR MENGGUNAKAN MODIFIKASI *ENHANCED SIGNIFICANY BITS* BERDASARKAN TEKNIK DETEKSI OBJEK GAMBAR

IMAGE STEGANOGRAPHY USING MODIFIED ENHANCED SIGNIFICANT BITS ON IMAGE OBJEK DETECTION TECHNIQUE

Dela Tantri Riyandani[1], Bambang Hidayat,DEA[2], Rian F. Umbara, S.Si.,M.Si.[3]
[1,2]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
[3]Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
[1]dela.tantri@gmail.com, [2] bhidayat@telkomuniveristy.co.id, [3]rianum@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dan pertumbuhan internet yang sangat pesat menyokong kebutuhan akses pertukaran data dan informasi dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Pesan penting yang terkandung dalam informasi data menimbulkan rasa khawatir akan terjadinya pemalsuan atas pesan tersebut. Steganografi merupakan salah satu cara untuk menyembunyikan suatu pesan atau data rahasia di dalam suatu media penampungnya sehingga orang lain tidak menyadari adanya pesan didalam media tersebut. Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem steganografi dengan metode *Modified Enhanced Significant Bit* (MELSB)untuk menyisipakan pesan berupa teks dengan format *.txt kedalam gambar dengan format .bmp setelah melalui deteksi objek. Parameter yang diukur berupa PSNR, MSE, BER ,CER dan MOS. Dimana nilai PSNR mencapai 80,6239 dB, dan nilai MSE terkecil 0,0005633. Waktu komputasi tercepat 2,7216 detik untuk penyisipan dan 1,8113 detik untuk ekstraksi. Hasil nilai BER dan CER bernilai nol saat tidak diberi *noise Gaussian.* Sistem tahan terhadap *noise Gaussian* saat mean 0 dengan variansi dibawah 1x . Untuk nilai MOS dengan 40 koresponden memiliki rata rata 4,4 yang berarti kualitas *stego image* baik.

Kata kunci : Steganografi, gambar,MELSB, deteksi objek

Abstract

Developments in technology and the growth of the Internet very rapidly supporting the access needs of data and information exchange can be done fast and precise. An important message contained in the information of data raises worry of impending falsification of the message. Steganography is one way to hide a secret message or data in a media container so that others are not aware of the messages in the media. In this study, designed a steganographic system with Enhanced Modified method Significant Bit (MELSB) to insert messages in text format * .txt into an image with .bmp after going through object detection. Where the value of PSNR reached 80.6239 dB, and the smallest MSE value 0.0005633. The fastest computing time 2.7216 seconds to 1.8113 seconds for the insertion and extraction. Results of BER and CER values are zero when not given a Gaussian noise. The system is resistant to current mean 0 Gaussian noise with a variance below 1x . For the MOS value by 40 correspondents have an average of 4.4, which means better quality of stego image.

Keywords: Steganography, image, MELSB, object detection

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan pertumbuhan internet yang sangat pesat menyokong kebutuhan akses pertukaran data dan informasi dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Pesan penting yang terkandung dalam informasi data menimbulkan rasa khawatir akan terjadinya pemalsuan atas pesan tersebut. Sehingga diperlukan suatu teknik untuk dapat bertukar informasi tanpa ada orang lain yang mengetahui kecuali orang yang bersangkutan. Teknik ini dinamakan Steganografi. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis dari sistem steganografi pada gambar dengan format .bmp melalui deteksi objek pada gambar menggunakan operator deteksi canny. Menggunakan metode penyisipan *Modified Enhanced Significant Bits* (MELSB). Performansi sistem diuji menggunakan beberapa parameter *Mean Square Error* (MSE), *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), *Bit Error Rate* (BER) dan *Mean Opinion Score* (MOS). Disamping itu, tingkat ketahanan sistem steganografi ini diuji dengan *Gaussian Noise* dengan mean sama dengan nol dan nilai variansi yang berubah-ubah.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1. Citra Digital

Citra (*image*) dalam arti harafiah adalah gambar pada bidang dua dimensi**.** Sedangkan citra *digital* adalah citra yang direpresentasikan kedalam bit-bit oleh perangkat *Analog to Digital Converter* (ADC) yang terdapat pada alat *digital* contohnya kamera dan computer. Sebuah citra digital menyimpan data berupa bit yang dapat dimengerti oleh manusia dengan visualisasi bit tersebut pada kanvas menjadi gambar.

2.2. Steganografi

Steganografi terdiri dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu *steganos* yang berarti tersembunyi dan *graphien* yang berarti menulis. Dalam arti fisis steganografi adalah seni dan ilmu menulis pesan tersembunyi dengan suatu cara sehingga tidak seorangpun menyadari bahwa terdapat pesan rahasia, kecuali pengirim dan penerima [1]. Pada umumnya terdapat dua proses di dalam steganografi, yaitu proses penyisipan pesan rahasia dan proses ekstraksi pesan untuk mendapatkan pesan rahasia dari dalam pesan tersebut.

2.3. *Least Significant Bit Steganography* (LSB)

Metode *LSB* (*least-significant bits*) pada citra *digital* merupakan pengubahan nilai bit-bit yang paling rendah dari setiap nilai *pixel* pada citra *digital* dengan nilai bit-bit pesan yang akan disisipkan. . Pada susunan bit di dalam sebuah *byte* (1 *byte* = 8 bit), ada bit yang paling berarti (*most significant bit* atau MSB) dan bit yang paling kurang berarti (*least significant bit* atau LSB).
Contoh pada *byte* 11010010

Bit pertama yang bernilai 1 adalah bit *MSB*, dan bit terakhir yang bernilai 0 adalah bit *LSB*.

2.4. *Modified Enhanced Least Significant Bit Steganography* (MELSB)

Modified Enhanced Least Significant Bit Steganography dalam tugas akhir ini adalah metode *Enhanced Least Significant Bit Steganography* dengan skema pemilihan bit yang diubah. Perubahanyang dilakukan tertera pada tabel 3.

Tabel 1 Skema modifikasi pemilihan letak bit pesan

MSB Pertama	MSB kedua	Letak bit *message* pada *cover image*
0	0	LSB pertama
0	1	LSB kedua
1	0	LSB ketiga
1	1	LSB ketiga

Langkah kedua adalah dengan mengacak sampel *cover image* yang mengandung bit pesan rahasia berikutnya. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan skema pemilihan *sample* dari *cover image.*

Tabel 2 Skema pemilihan sampel

MSB pertama	MSB kedua	MSB ketiga	Sampel yang berisi bit *message* berikutnya
0	0	0	i + 1
0	0	1	i + 2
0	1	0	i + 3
0	1	1	i + 4
1	0	0	i + 5
1	0	1	i + 6
1	1	0	i + 7
1	1	1	i + 8

2.5. Tepi

Tepi (*edge)* dalam sebuah gambar adalah batas yang memisahkan anta intensitas tinggi dengan intensitas yang lebih rendah [4].

2.6. Parameter Pengujian

a. Parameter Pengujian Secara Objektif

1. *Mean Square Error* (MSE)

Mean Square Error (MSE) merupakan salah satu parameter obyektif untuk menganalisis performansi sistem dengan melihat hasil kualitas *carrier image*. Parameter MSE ini dilakukan dengan cara mencari rata-rata nilai *error* antara *cover image* dengan *carrier image*. Semakin kecil nilai hasil perhitungan MSE yang diperoleh maka semakin baguskualitas *stego-image* dan sebaliknya**.** Berikut formula MSE [5]

— **(2.1)**

Dimana :
MSE = *Mean Square Error* (dB) *I(x,y)* = Nilai *pixel* dari *cover image*
M = Panjang *stego image* (*pixel*) *I'(x,y)* = Nilai *pixel* dari *stego image*
N = Lebar *stego image*(*pixel*)

2. *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) merupakan salah satu parameter obyektif untuk menganalisis performansi sistem dengan melihat hasil kualitas *stego image*. PSNR adalah nilai tertinggi dari perbandingan daya sinyal dengan noise. Kualitas *stego image* dapat dikatakan baik jika nilai PSNR-nya

besar. Berikut ini formula PSNR [6]

(2.3)

Dimana :
PSNR = *Peak Signal To Noise Ratio* (dB)
MAXi = 255, nilai intensitas maksimum dari *pixel* citra yang digunakan.

3. *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan parameter pengujian kehandalan sistem steganografi dan ekstraksi yang telah dibuat didasarkan pada benar atau tidaknya sistem dalam mengekstraksi bit-bit pesan yang telah dikirimkan. Parameter BER ini sangat menentukan bagus tidaknya sistem steganografi yang telah dibuat karena tujuan steganografi itu sendiri adalah menyampaikan pesan walaupun penyampaiannya secara rahasia atau sembunyi-sembunyi, pesan tetap harus tersampaikan ke penerima. Tersampaikannya pesan ke penerima merupakan salah satu kriteria steganografi, yakni *recovery*. Berikut formula BER :

(2.4)

4. *Character Error Rate* (CER)

Character Error Rate (CER) adalah parameter pengujian untuk melihat kualitas message. Penggunaan parameter BER tidak cukup mewakili untuk menilai kehadalan sistem steganografi, untuk itu disertakan dengan parameter CER. Hal ini dikarenakan tidak selamanya nilai BER yang rendah akan menghasilkan nilai CER yang rendah pula. Berikut formula CER :

(2.5)

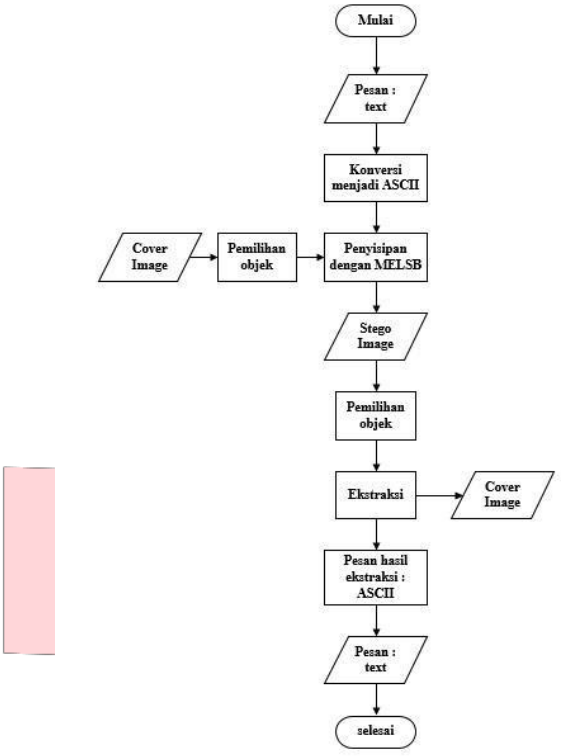
b. Parameter Pengujian Secara Subjektif

MOS (*Mean Opinion Score*) merupakan parameter subyektif untuk menganalisis performansi sistem dengan melihat secara kasat mata hasil kualitas *carrier image* dengan membandinga dengan *cover image* . Penilaian dilakukan dengan menggunakan rating dari 1-5. Semakin tinggi rating menunjukkan bahwa perbedaan *cover image* dan *stego image* tidak jauh berbeda dan sebaliknya. Tabel 4 adalah tabel penilaian MOS menurut ITU-T P.800.

Tabel 3 Kriteria kualitas berdasarkan MOS

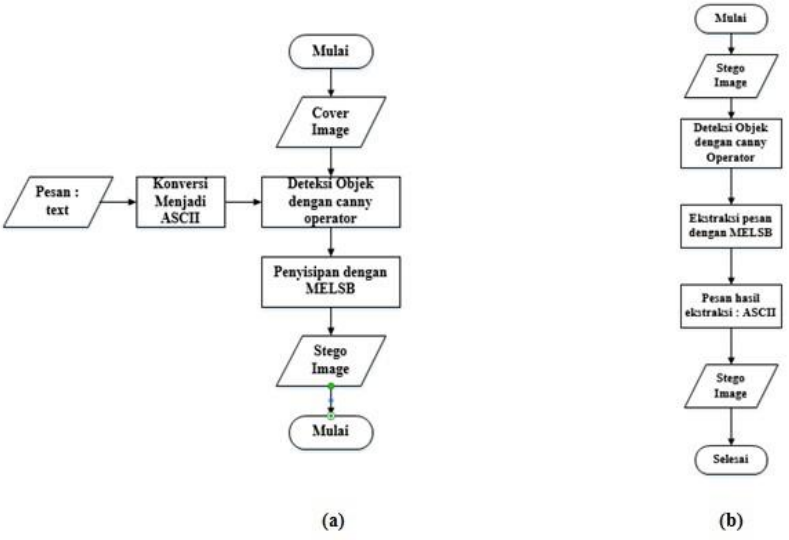
MOS	Kualias	Presepsi
5	Sangat Baik	Tervisualisasi sangat baik
4	Baik	Tervisualisasi baik dan tidak ada kerusakan
3	Cukup	Dapat dikenali dengan kerusakan sedikit menganggu visualisai
2	Sedikit Rusak	Sulit dikenali dengan kerusakan menganggu visualisasi
1	Sangat Rusak	Tidak dapat dikenali

3. Blok Diagram Sistem



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Sistem Steganografi

Sistem pada gambar 1 yang dirancang pada tugas akhir ini adalah sistem steganografi dengan gambar sebagai *cover*. Penyisipan dilakukan di sisi pengirim dengan menyisipkan pesan rahasia berupa file teks dengan format *.*txt* ke dalam sebuah *cover* yang berupa *file* video dengan format *.*bmp.* Keluaran dari proses penyisipan ini yaitu berupa *stego image* dimana terdapat gambar yang telah disisipi pesan rahasia. Lalu *stego image* dikirimkan ke penerima. Kemudian disisi penerima dilakukan proses ekstraksi, untuk mengembalikan pesan rahasia berupa *file* teks dengan format *.*txt*.



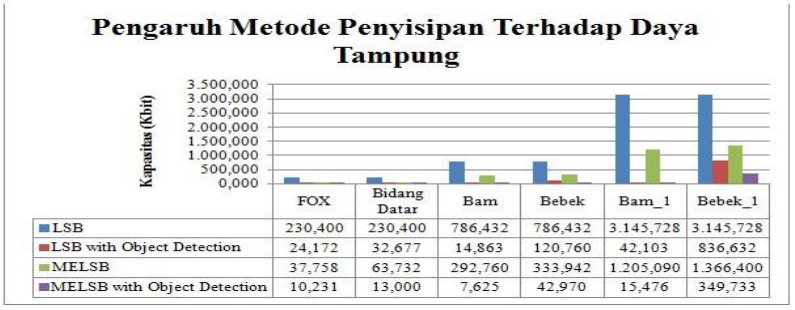
Gambar 2 Diagram Alir Penyisipan (a) dan Ekstraksi (b)

Berdasarkan Gambar 2 , penyisipan dilakukan di sisi penerima dengan menyisipkan pesan rahasia berupa file teks dengan format *.txt* ke dalam sebuah cover berupa file gambar berformat *.bmp* dengan metode *Modified Enhanced Least Significant (MELSb)*. Penyisipan dilakukan berdasarkan deteksi objek dengan menggunakan deteksi tepi canny. Keluaran dari proses penyisipan berupa *stego image* dimana terdapat pesan video yang telah disisipi pesan rahasia. Kemudian *stego-image* dikirimkan kepada penerima. Di sisi penerima dilakukan proses ekstraksi, untuk mengembalikan pesan rahasia berupa file teks dengan format .txt..

4. Pembahasan

Pengujian pada sistem steganografi ini menggunakan gambar sebagai cover, serta pesan rahasia (teks) dengan ukuran panjang pesan 344 bit, 1400 bit, 2000 bit, 3872 bit, 4728 bit, 7016 bit, dan 10224 bit. *Cover Image* yang digunakan adalah gambar dengan format .bmp dengan ukuran 320 x240 , 512x512 dan 1024x1024.

a. Perbandingan Metode Penyisipan Terhadap Daya Tampung.

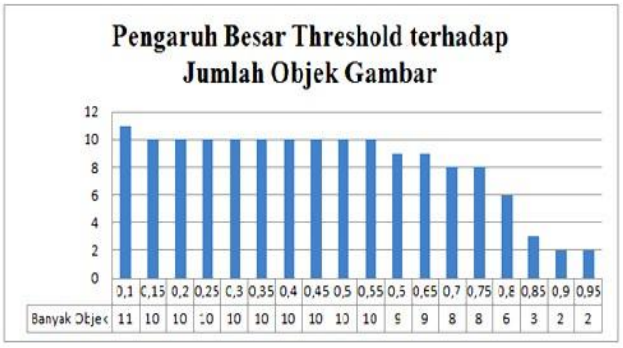


	FOX	Bidang Datar	Bam	Bebek	Bam_1	Bebek_1
LSB	230,400	230,400	786,432	786,432	3.145,728	3.145,728
LSB with Object Detection	24,172	32,677	14,863	120,760	42,103	836,632
MELSB	37,758	63,732	292,760	333,942	1.205,090	1.366,400
MELSB with Object Detection	10,231	13,000	7,625	42,970	15,476	349,733

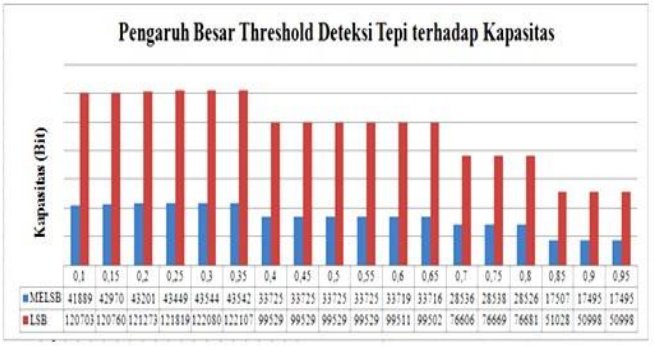
Gambar 3 Pengaruh Metode Penyisipan Terhadap Daya Tampung

Berdasarkan gambar 3 dapat dikatakan dengan menggunakan metode pennyisipan MELSB dengan teknik deteksi objek membuat daya tampung gambar menurun drastis. Sebagai contoh untuk gambar fox.bmp dengan menggunakan metode MELSB dengan teknik deteksi objek terjadi penurunan kemampuan daya tampung sebesar 27% dari metode MELSB. Hal ini disebabkan karena adanya proses deteksi objek pada gambar sehingga tempat untuk menyisipkan bit pesan dibatasi.

b. Pengaruh Threshold Pada Deteksi Tepi Terhadap Jumlah Objek Pada Gambar Dan Daya Tampung.



	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
Banyak Objek	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	8	6	3	2	2

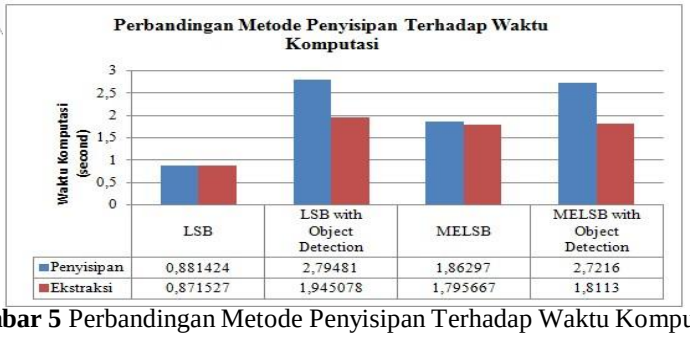


	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
MELSB	41889	42970	43201	43449	43544	43542	33725	33725	33725	33725	33719	33716	28536	28538	28526	17507	17495	17495
LSB	120703	120760	121273	121819	122080	122107	99529	99529	99529	99529	99511	99502	76606	76669	76681	51028	50998	50998

Gambar 4 Pengaruh Besar Threshold pada Deteksi Tepi terhadap Jumlah Objek dan Kapasitas

Melihat gambar 4 kapasitas semakin berkurang saat *threshold* semakin bertambah karena semakin besar nilai *threshold* akan menghilangkan tepi yang sesungguhnya, hal ini sesuai dengan penurunan pada jumlah objek gambar yang terdeteksi. Dan dimana kapasitas yang tersedia untuk menyisipkan pesan dengan metode MELSB jauh lebih sedikit dari kepasitas yang tersida untuk menyisipkan pesan dengan metode LSB, dimana keduanya menggunakan teknik deteksi objek.

c. Perbandingan Metode Penyisipan Terhadap Waktu Komputasi Pada Proses Penyisipan Dan Proses Ekstraksi

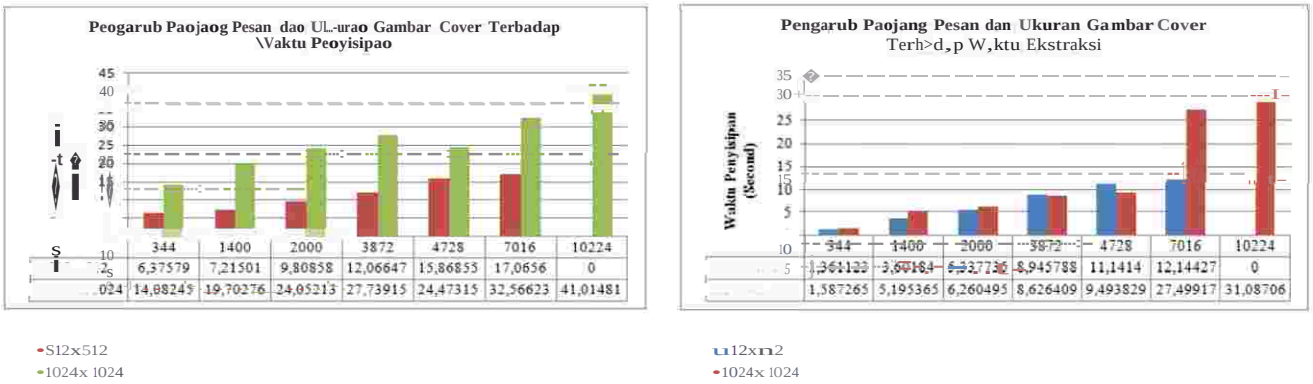


	LSB	LSB with Object Detection	MELSB	MELSB with Object Detection
Penyisipan	0,881424	2,79481	1,86297	2,7216
Ekstraksi	0,871527	1,945078	1,795667	1,8113

Gambar 5 Perbandingan Metode Penyisipan Terhadap Waktu Komputasi

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan waktu komputasi dengan metode penyisipan menggunakan teknik deteksi objek memakan waktu lebih lama, dikarenakan harus melewati satu tahap terlebih dahulu sebelum tahap penyisipan pesan.

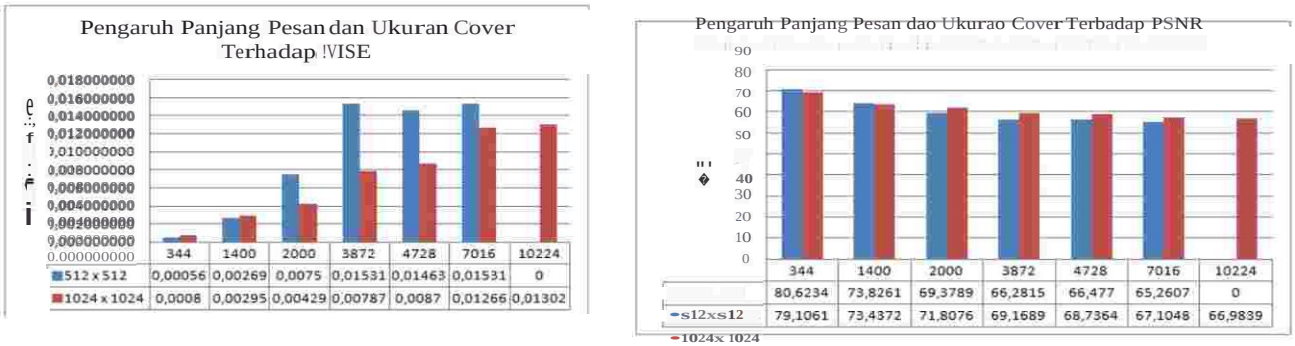
d. Pengaruh Panjang Pesan Dan Ukuran *Cover Image* Terhadap Waktu Komputasi Pada Proses Penyisipan Dan Proses Ekstraksi.



Gambar 6 Pengaruh Panjang Pesan dan Ukuran *Cover Image* Terhadap Waktu Komputasi

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin panjang pesan maka waktu yang dibutuhkan untuk menyisipka dan mengekstraksi pesan akan semakin lama pula. Hal ini dikarenakan semakin panjang pesan maka semakin banyak bit yang akan disisipkan dan hal itu memakan waktu.

e. Pengaruh Panjang Pesan Dan Ukuran *Cover Image* Terhadap Kualitas *Stego Image* Menggunakan Parameter MSE Dan PSNR



Gambar 7 Pengaruh Panjang Pesan dan Ukuran *Cover Image* Terhadap Kualitas *Stego Image*

Berdasarkan gambar 7, dapat dilihat bahwa panjang pesan mempengaruhi nilai MSE. Dimana semakin panjang pesan yang disisipi maka semakin besar nilai MSE yang didapat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang pesan yang disisipi maka tingkat kemiripan *stego image* dengan *cover image* semakin kecil. Nilai MSE akan semakin kecil jika PSNR semakin besar, dan begitu sebaliknya. Nilai nol yang dihasilkan pada gambar ukuran 512x512 dan panjang pesan 10224 bit dikarenakan daya tampung gambar lebih kecil dari panjang pesan yang disisipkan, maka tidak terjadi proses penyisipan sehingga tidak dilakukan perhitugan.

f. Pengaruh Metode Penyisipan Terhadap Kualitas *Stego Image*.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Parameter MSE dan PSNR

GAMBAR	Parame.te.r	LSB	LSB deogao T•knik Oeceksi Obiek	⧫1ELSB	⧫1ELSB de.01ao T•knik Dete.ksi Obiek
FOX.bmp	PSNR	67.6783	68.0933	58.4641	66,9441
	MSE	0.0110981	0.0100868	0.0926128	0.0131424
Bid datar	PSNR	67.6783	67.8569	56.7654	60.1895
	MSE	0.0110981	0.010651	0.136944	0.0622483
bebek	PSNR	74.5299	73.3897	66.6562	72,855
	MSE	0.00229136	0.00297928	0.0140432	0.00336965
Bebek_1	PSNR	79.7374	80.5941	70.702	80,1965
	MSE	0.000690778	0.000567118	0.00553195	0.000621478
Barn	PSNR	73.3216	73.5252	64.4494	66,477
	MSE	0.00302633	0.00288773	0.0233421	0.0146345
Bam_1	PSNR	79.324	79.39	71.2373	68,7364
	MSE	0.000759761	0.000748316	0.00489044	0.00869846

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kualitas *stego image* dengan metode penyisipan MELSB lebih rendah dari kualitas *stego image* dengan metode penyisipan LSB. Hal ini dikarenakan kemungkinan selisih nilai pixel antara *cover image* dan *stego image* dalam penggunaan metode MELSB mampu mencapai angka delapan, sedangkan jika menggunakan metode LSB hanya akan memiliki selisih satu.

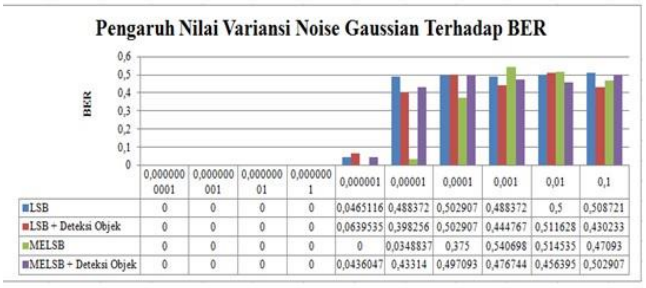
g. Hasil Pengujian Terhadap BER

Setelah dilakukan pengujian tanpa serangan *noise* , dan dengan *threshold* sebesar 0,15 didapatkan nilai BER = 0 dan CER = 0 .

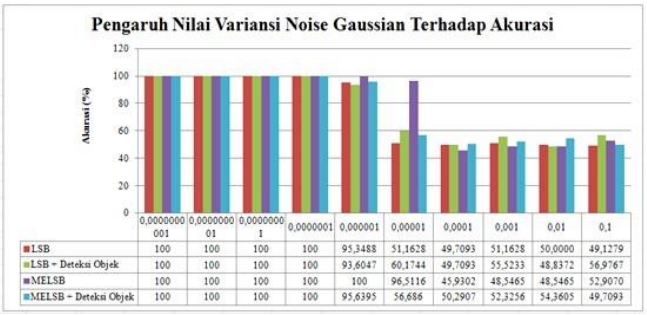
Tabel 5 Hasil Pengujian BER

Image Cover	Panjang Pesan						
	344	1400	2000	3872	4728	7016	10224
Fox.BMP	0	0	0	0	0	0	0
bidang-datar.BMP	0	0	0	0	0	0	0
Bebck.BMP	0	0	0	0	0	0	0
Bebek_1.BMP	0	0	0	0	0	0	0
Bam.BMP	0	0	0	0	0	0	0
Barn_1.BMP	0	0	0	0	0	0	0

h. Pengaruh Serangan *Noise Gaussian* Terhadap *Stego Image*



	0,0000000001	0,000000001	0,00000001	0,0000001	0,000001	0,00001	0,0001	0,001	0,01	0,1
LSB	0	0	0	0	0,0465116	0,488372	0,502907	0,488372	0,5	0,508721
LSB + Deteksi Objek	0	0	0	0	0,0639535	0,398256	0,502907	0,444767	0,511628	0,430233
MELSB	0	0	0	0	0	0,0348837	0,375	0,540698	0,514535	0,47093
MELSB + Deteksi Objek	0	0	0	0	0,0436047	0,43314	0,497093	0,476744	0,456395	0,502907



	0,000000001	0,00000001	0,0000001	0,000001	0,00001	0,0001	0,001	0,01	0,1
LSB	100	100	100	95,3488	51,1628	49,7093	51,1628	50,0000	49,1279
LSB + Deteksi Objek	100	100	100	93,6047	60,1744	49,7093	55,5233	48,8372	56,9767
MELSB	100	100	100	100	96,5116	45,9302	48,5465	48,5465	52,9070
MELSB + Deteksi Objek	100	100	100	95,6395	56,686	50,2907	52,3256	54,3605	49,7093

Gambar 8 Pengaruh Serangan *Noise Gaussian*

Pada gambar 8 terlihat bahwa sistem penyisipan dengan menggunakan metode MELSB dengan teknik deteksi objek tahan terhadap serangan *noise gaussian* hingga variansi 1x hal ini terlihat karena nilai BER berubah saat nilai variansi lebih dari 1x . Dan penyisipan menggunakan metode MELSB lebih tahan terhadap nilai variansi $1x10^{-6}$. Namun jika dibandingan dengan metode LSB ketahanan sistem sama yaitu tahan terhadap *noise gaussian* dengan variansi dibawah $1x10^{-7}$. Perubahan pada nilai BER yang meningkat terjadi karena semakin besar nilai variansi maka gambar akan banyak mengalami perubahan pixel.

i. Uji Paremeter MOS

Setelah melakukan kuisioner kepada 40 koresponden diperoleh nilai rata-rata keseluruhan gambar cover sebesar 4,4 dimana dapat diketahui sistem steganografi yang dirancang pada penelitian ini memiliki kualitas yang baik.

5. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Dari hasil analisis pada pengujian sistem didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah objek yang terdeteksi dipengaruhi oleh besarnya *threshold* untuk deteksi tepi. Dimana semakin besar nilai *threshold* dapat menghilangkan beberapa tepi yang sesungguhnya, dan semakin kecil nilai *threshold* dapat menambahkan jumlah tepi yang terdeteksi.
2. Panjang pesan dapat mempengaruhi waktu komputasi. Semakin panjang pesan yang disisipkan, semakin lama waktu komputasi yang dibutuhkan. Dan waktu komputasi yang dibutuhkan oleh metode penyisipan dengan menggunakan teknik objek deteksi akan memakan waktu lebih lama dibandingkan yang tidak.
3. Panjang pesan dan ukuran *cover image* dapat mempengaruhi nilai MSE. Semakin panjang pesan yang disisipkan dan semakin besar ukuran gambar tempat penyisipan, semakin besar pula nilai MSE yang didapatkan. Nilai MSE yang dihasilkan pada penggunaan penyisipan metode MELSB dengan teknik deteksi objek lebih kecil dibandingkan dengan penyisipan dengan metode MELSB. Namun nilai MSE masih lebih besar jika dibandingkan dengan penyisipan dengan metode LSB, baik menggunakan teknik deteksi objek ataupun tidak.
4. Panjang pesan dan ukuran gambar dapat mempengaruhi nilai PSNR. Semakin panjang pesan yang disisipkan dan semakin besar ukuran objek gambar tempat penyisipan, semakin kecil nilai PSNR yang didapatkan. Nilai PSNR yang dihasilkan pada penggunaan penyisipan metode MELSB dengan teknik deteksi objek lebih besar dibandingkan dengan penyisipan dengan metode MELSB. Namun nilai PSNR masih lebih kecil jika dibandingkan dengan penyisipan dengan metode LSB, baik menggunakan teknik deteksi objek ataupun tidak.
5. Nilai BER dan CER yang didapat dari seluruh pengujian dengan tanpa adanya serangan *noise* adalah 0.
6. Sistem yang dibuat tahan terhadap *noise* Gaussian dengan nilai mean=0 hingga variansi $1x10^{-7}$.
7. Dari survey yang dilakukan pada 40 koresponden, didapatkan nilai rata-rata MOS sebesar 4,4. Hal ini menunjukkan bahwa sistem steganografi yang dirancang memiliki kualitas baik.

b. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki segala kekurangan dan dapat mengembangkan penelitian ini. Oleh karena itu berikut saran untuk pengembangan tugas akhir ini yaitu:

1. Metode penyisipan yang digunakan dapat diubah dengan menggunakan metode penyisipan pesan yang lain, seperti *Region Embed Data Density*, *Discrete Cosine Tranformation*, dan metode lainnya.
2. Deteksi tepi yang digunakan untuk mendapatkan objek dapat diganti dengan operator lain, misalnya Sobel, Prewit, atau Zero Crossing Detectors
3. Proses steganografi dapat disimulasikan lebih lanjut dengan bahasa pemrograman lainnya seperi Java, C++, dan sebagainya.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan bentuk data *cover* yang lainnya, seperti video.
5. Sistem dapat dikembangkan dengan bentuk pesan rahasia yang lainnya seperti gambar atau video.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tri Prasetyo Utomo, "Steganografi Gambar dengan Metode Least Significant Bit untuk Proteksi Komunikasi pada Media Online".

[2] Eunike Johana Sitorus, "Studi Perbandingan Kompresi Menggunakan Metode Shannon Fano dan Unary Coding pada File Teks," *Fakultas Ilmu Komputer dan Teknilogi Informasi, Universitas Sumatera Utara*, 2012.

[3] Asad, Muhammad; Gilani Junaid; Khalid, Adnan;, "An Enhanced Least Significant Bit Modification TEchnique for Audio Steganography," no. Telecommunication Engineering, 2011.

[4] Soumyajit Sarkar and Arijit Basu, "Comparison if Various Edge Detection TEchnique for Maximum Data Hidin Using LSB Algorithm," *International Journal of Computer Science and Information TEchnologi (IJCSIT)*, vol. 5, 2014.

[5] Johanes Widagdho Yodha and Achmad Wahid Kurniawan,.: Techno.COM, 2014, ch. 13, pp. 189-197.

[6] Nitin Jain, Sachin Meshram, and Shika Dubey, "Image Steganography Using LSB and Edge-Detection TEchnique," in *International Journal od soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 2012.

[7] Sandro Sembiring, "Perancangan Aplikasi Steganografi Untuk Menyisipkan Teks pada Gambar dengan Metode End of File," *Pelita Informatika Budi Darma*, 2013.

[8] Basuki Rakhmat and Muhammad Fairuzabadi, "Steganografi Menggunakan Metode Least SIgnificant Bit Dengan Kombinasi Algoritma Kriptografi Vigenere dan Rc4," *Jurnal Dinamika Informatika*, vol. 5, no. 2010.

[9] Rinaldi Munir, *Kriptografi*. Bandung: Informatika, 2006.

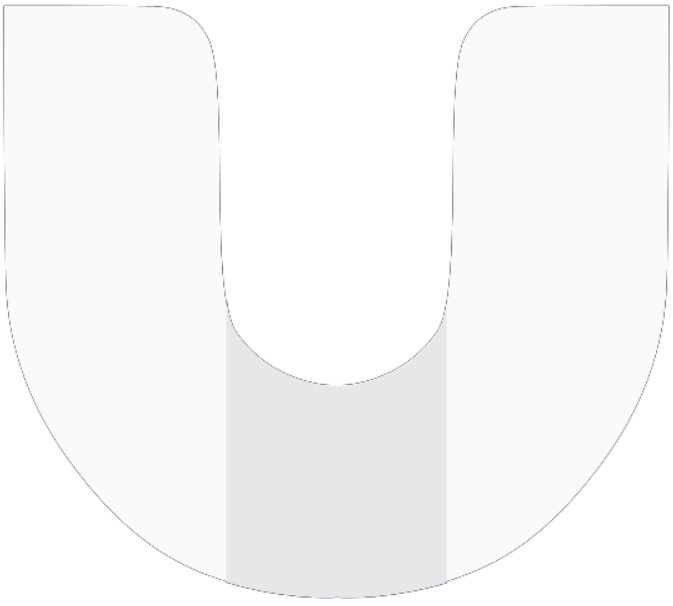
[10] J.F. Canny, "A computational approach to edeg detection," *IEEE*, vol. PAMI-8, 1986.

[11] Rizqi Firmansyah and Wahyu Suadi, "Implementasi Kriptografi dan Steganodrafi pada Media Gambar dengan Menggunakan Metode Des dan Region-Embed Data Density," 2011.

[12] Navneet Kaur and Sunny Behal, "Audio Steganography Using LSB Edge Detection Algorithm," in *International Conference on Communication, Computing and Systems (ICCCS)*, 2014.

]

,



;

i

l

i