

STEGANOGRAFI CITRA PADA KARAKTER KHUSUS AKSARA JAWA MENGUNAKAN METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM*

IMAGE STEGANOGRAPHY TO JAVANESE SPECIAL CHARACTER USING DISCRETE COSINE TRANSFORM METHOD

Dara Aulia Feryando¹, Bambang Hidayat², Nur Andini³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹daraauliaferyando@student.telkomuniversity.ac.id, ²bhidayat@telkomuniversity.ac.id,

³nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penyadapan informasi adalah salah satu dampak negatif adanya kemudahan proses bertukar data melalui internet. Oleh karena itu, riset tentang keamanan data perlu dikembangkan. Salah satu teknik mengamankan data yang dibuat dalam penelitian ini adalah steganografi. Pada penelitian tugas akhir ini, dibuat sebuah sistem steganografi pesan teks pada citra Aksara Jawa (.bmp) menggunakan metode DCT (*Discrete Cosine Transform*). Secara praktik, file citra Aksara Jawa (.bmp) disegmentasi untuk diambil bagian karakter khususnya, yaitu karakter *sandhangan* yang terletak di atas aksara utama. Setiap karakter khusus dihitung rata-rata koefisien DCT-nya, kemudian dikalikan dengan koefisien tertentu. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian akan dijadikan *threshold*. Koordinat-koordinat piksel yang mempunyai nilai koefisien DCT di bawah *threshold*, disimpan sebagai koordinat-koordinat tempat penyisipan. Kemudian pesan teks yang telah diubah ke biner sesuai dengan standardisasi ASCII, disisipkan ke dalam beberapa piksel yang koordinatnya telah tersimpan. Untuk mengetahui keberhasilan proses penyisipan, dilakukan proses ekstraksi untuk mendapatkan isi pesan kembali. Untuk menganalisis kualitas citra *stego*, parameter yang digunakan adalah MSE dan PSNR. Sedangkan untuk analisis kualitas pesan yang disisipkan, digunakan parameter BER dan CER.

Kata kunci : *Steganografi, Aksara Jawa, bmp, DCT, ASCII, Threshold*

Abstrack

Tapping information is one of the negative impacts of the communication process by internet. Therefore, research on data security techniques need to be enhanced. One of the techniques of data security that will be developed in this research is steganography. In this thesis, the steganography system has developed to embed text into Javanese special character (.bmp) using DCT method. Practically, the image of Javanese script is segmented to get the special characters, it is *sandhangan* character that is on main words of Javanese script. Each of special characters is calculated the average of its DCT coefficient, then it is multiplied with a coefficient. The result is used as *threshold*. Coordinates of pixel that is under *threshold*, will be saved and be used as embedding location. Then the message converted to binary following ASCII standardization, embedded into the pixel coordinates that has been saved. To know that embedding process is success, the message extraction is done. Parameters to analyze the quality of *stego* are MSE and PSNR. Then BER and CER is parameter to analyze the quality of message.

Keywords : *Steganography, Javanese Script, bmp, DCT, ASCII, Threshold*

1. Pendahuluan

Penyadapan informasi adalah salah satu dampak negatif adanya kemudahan proses bertukar data melalui internet. Adanya penyadapan informasi dapat berakibat terbongkarnya privasi seseorang hingga hilangnya sejumlah materi korban. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknik untuk mengamankan data rahasia dari pelaku tindak kejahatan. Steganografi merupakan salah satu teknik untuk mengamankan informasi rahasia dengan cara menyisipkan informasi tersebut ke dalam suatu multimedia. Beberapa penelitian tugas akhir sebelumnya terkait dengan steganografi citra diantaranya adalah „Analisis Steganografi Pada Citra Digital Menggunakan DCT (*Discrete Cosine Transform*) dan Enkripsi AES” yang diteliti oleh Agustien Mulyantini [3] serta „Steganography in Thai Text” oleh Natthawut Samphaibon dan Matthew N. Dailey [6]. Penelitian-penelitian tersebut pada intinya bertujuan sama, yaitu mengimplementasikan dan mengembangkan steganografi dengan berbagai metode dan media. Penelitian-penelitian inilah yang mendasari penulis untuk melakukan dan mengembangkan penelitian steganografi pada citra. Pada tugas akhir ini, dibuat sebuah sistem *prototype* perangkat lunak dan analisis steganografi pada karakter khusus citra Aksara Jawa menggunakan metode DCT (*Discrete Cosine Transform*). Metode DCT dipilih sebagai metode penyisipan karena metode ini sederhana tetapi dapat menghasilkan *stego-object* berkualitas bagus dan sulit dideteksi. Hal tersebut dikarenakan penyisipan yang dilakukan berada di domain frekuensi. Sedangkan alasan penggunaan citra Aksara Jawa sebagai *cover-media*, yaitu karena belum banyaknya penelitian sebelumnya yang menggunakan aksara daerah sebagai *cover-media*.

Selain itu, dengan proses penyisipan pesan rahasia yang hanya dilakukan pada karakter khusus Aksara Jawa, diharapkan dapat meningkatkan kriteria *imperceptible*. Oleh karena itu, apabila kelebihan yang dimiliki oleh metode DCT dikombinasikan dengan pemilihan tempat penyisipan yang strategis pada citra Aksara Jawa, akan didapatkan *stego-image* yang lebih *imperceptible* dari penelitian sebelumnya dan sulit dideteksi oleh *cracker* dan *hacker*.

2. Dasar Teori

A. Citra Digital

Dalam pengolahan gambar digital, gambar lebih dikenal dengan istilah citra. Secara matematis, gambar merupakan bidang dua dimensi yang mempunyai panjang dan lebar. Begitu pula di dalam pengolahan citra, citra dianggap sebagai sinyal dua dimensi yang direpresentasikan dengan baris dan kolom. Adapun definisi dari citra digital, yaitu citra yang telah terkuantisasi diskrit kemudian direpresentasikan ke dalam bentuk bit-bit oleh sebuah perangkat ADC (*Analog to Digital Converter*) yang terdapat pada alat digital seperti kamera dan komputer digital. Di dalam pengolahan citra, terdapat tiga jenis citra digital berdasarkan warna dan representasi bitnya, yaitu citra *truecolor*/warna, citra *grayscale*, dan citra biner.

B. Konversi Citra Digital

Konversi citra adalah mengubah suatu jenis citra ke jenis lainnya. Sebagaimana diketahui bahwa terdapat tiga jenis citra digital berdasarkan warna dan representasi bitnya, yaitu citra warna/*truecolor*, citra *grayscale*, dan citra biner [6]. Di dalam pemrosesan citra digital, konversi citra dilakukan untuk memudahkan pemrosesan selanjutnya. Contoh dari konversi citra misalnya, citra RGB dikonversi ke citra *grayscale*, RGB dikonversi ke biner, atau citra *grayscale* dikonversi menjadi citra biner. Berikut ini rumus yang sering digunakan untuk mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale* yang juga diterapkan di *toolbox* Matlab, yaitu [4]:

$$f(x,y) = \frac{1}{3} (R(x,y) + G(x,y) + B(x,y)) \tag{1}$$

Sedangkan untuk konversi citra RGB menjadi citra biner, perlu dilakukan konversi dari RGB ke *grayscale* terlebih dahulu. Berikut ini logika untuk mengubah *grayscale* ke biner [4].

$$f(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \geq 128 \\ 0 & \text{if } f(x,y) < 128 \end{cases} \tag{2}$$

Dimana $f'(x,y)$ adalah nilai intensitas citra biner dan $f(x,y)$ adalah nilai intensitas citra *grayscale*.

C. Steganografi

Steganografi adalah sebuah teknik untuk mengamankan data dengan cara menyisipkan data tersebut ke dalam sebuah multimedia. Dalam implementasi ilmu steganografi, digunakan dua media utama, yaitu *embedded-media* dan *cover media*. *Embedded-media* merupakan pesan rahasia yang akan disisipkan. Sedangkan *cover media* merupakan multimedia, tempat dimana pesan disisipkan. Dalam pembuatan steganografi, terdapat empat kriteria yang harus dipenuhi, yaitu *robust*, *fidelity*, *recovery*, dan *imperceptible* [5].

D. DCT (Discrete Cosine Transform)

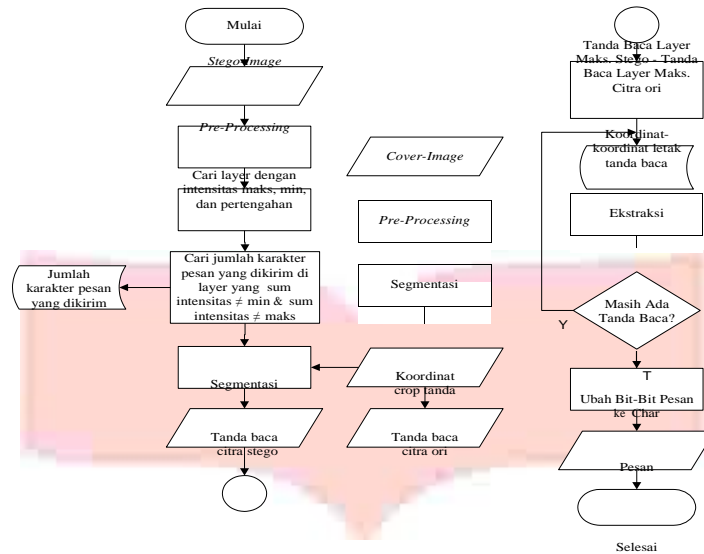
DCT (*Discrete Cosine Transform*) adalah metode transformasi sinyal dari domain spasial ke dalam domain frekuensi. DCT merupakan model transformasi fourier yang hanya mengambil bagian cosinusnya saja. Karena hanya diambil bagian cosinusnya saja, hasil transformasi DCT ini hanya berupa bilangan riil tanpa ada imajiner. Dengan kata lain, di dalam DCT tidak diperlukan nilai *phase*. Berikut ini formula DCT [1]:

$$F(u,v) = \sum_{j=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{N-1} f(i,j) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2v+1)v\pi}{2M}\right) \tag{3}$$

Pada persamaan di atas, $F(u,v)$ adalah nilai koefisien DCT yang dihasilkan dan $f(i,j)$ adalah nilai piksel di domain spasial. Sedangkan rumus mencari $f(i,j)$ sama dengan rumus mencari $F(u,v)$, serta rumus mencari $\Lambda(u)$ sama dengan rumus mencari $\Lambda(q)$. Adapun persamaan mencari nilai α dan Λ adalah sebagai berikut [1]:

$$\Lambda(u) = \begin{cases} \sqrt{2} & \text{if } u=0 \\ \sqrt{2} & \text{if } u=N/2 \\ \sqrt{1} & \text{if } u \neq 0, N/2 \end{cases}$$

Apabila hasil pengurangan lebih dari 0 maka sistem akan mendeteksi bit 1 dan sebaliknya jika hasil pengurangan bernilai kurang dari 0 maka sistem akan mendeteksi bit 0.



Gambar 2 Proses Ekstraksi

4. Pembahasan

A. Mencari Pengaruh *Threshold* Segmentasi Terhadap Akurasi Sistem Dalam Mendeteksi Tanda Baca

Pada pengujian ini, digunakan 45 data uji yang bersumber dari Google, Ms.Word, dan tulis tangan scanner. Untuk melihat akurasi sistem dalam mendeteksi tanda baca, dilakukan pengujian dengan mengganti nilai *threshold* segmentasi yang diinputkan ke dalam sistem. Adapun empat nilai *threshold* yang diujicobakan, yaitu 1, 1.5, 2, dan 2.5. Berikut ini rumus menghitung akurasi deteksi tanda baca beserta tabel hasil pengujian.

$$(4)$$

TS adalah banyak tanda baca sebenarnya, TD adalah banyak tanda baca yang terdeteksi.

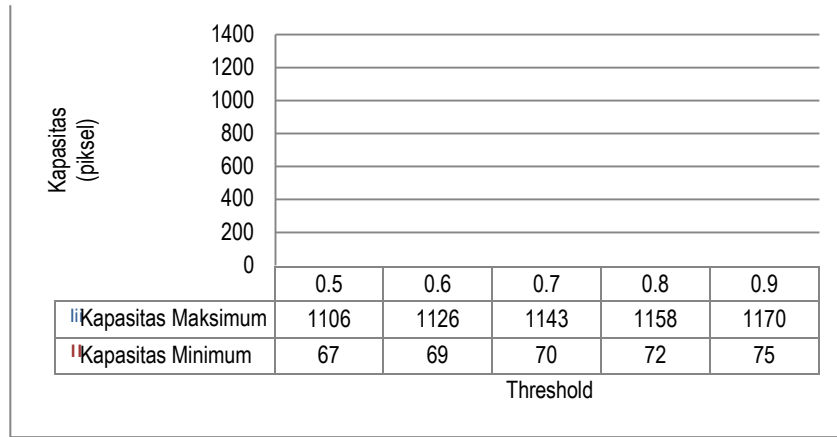
Tabel 2 Akurasi deteksi tanda baca untuk nilai *threshold* berbeda-beda

Sumber Data	Akurasi Rata-Rata (%)			
	<i>Threshold</i> = 1	<i>Threshold</i> = 1.5	<i>Threshold</i> = 2	<i>Threshold</i> = 2.5
Google	40.08	65.68	94.49	78.11
Ms.Word	36.13	75.24	91.54	89.62
Tulis Tangan Scanner	46.23	71.28	96.29	47.55

Dari keempat tabel di atas, diketahui bahwa *threshold* segmentasi yang memberikan hasil akurasi deteksi tanda paling bagus adalah dua. Berdasarkan analisis pengujian, terlalu tinggi *threshold* yang digunakan menyebabkan tidak hanya tanda baca saja yang terdeteksi, namun huruf-huruf lain seperti aksara *sandhangan* yang terletak di bawah huruf utama juga ikut terdeteksi, bahkan tak jarang huruf utama juga terdeteksi sebagai tanda baca. Sebaliknya, jika *threshold* segmentasi terlalu kecil, tidak semua baris daerah tanda baca terdeteksi. Sehingga jika baris daerah tanda baca tidak dapat dideteksi keseluruhan, secara otomatis tanda baca juga tidak dapat terdeteksi secara keseluruhan.

B. Mencari Pengaruh *Threshold* Terhadap Kapasitas Penyisipan, MSE, PSNR, BER, dan CER

Dalam pengujian ini, skenario yang dilakukan adalah sistem diberi *default* koefisien substitusi sebesar 0.05 dan pesan yang akan disisipkan adalah pesan dengan 54 karakter, yaitu „the quick brown fox jumps over the lazy dog 1234567890“. Setelah dilakukan *default* sistem, dilakukan pengujian lima nilai *threshold* yang ditentukan, yaitu 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, dan 0.9. Setiap nilai *threshold* kemudian akan diujikan ke-45 citra uji. Dari pengujian yang dilakukan, didapat hasil pengaruh *threshold* terhadap kapasitas penyisipan pada 45 citra uji seperti pada gambar diagram di bawah ini.



Gambar 3 Diagram pengaruh nilai *threshold* pada tingkat akurasi

Berdasarkan diagram tersebut, diketahui bahwa semakin besar *threshold*, semakin banyak pula jumlah piksel yang tersedia untuk tempat penyisipan. Sebaliknya, semakin kecil nilai *threshold* maka semakin sedikit pula piksel-piksel yang tersedia untuk tempat penyisipan.

Analisis berikutnya yang dilakukan adalah mencari tahu pengaruh nilai *threshold* terhadap nilai rata-rata MSE, PSNR, BER dan CER. Langkah pertama pengujian keempat parameter ini adalah sebuah citra uji diproses ke dalam sistem yang telah di *set* menggunakan *threshold* pertama, yaitu 0.5. Nilai MSE, PSNR, BER, dan CER yang dihasilkan dari proses tersebut kemudian dicatat. Jika ke-45 citra uji telah selesai diproses, dilakukan *setting* ulang sistem dengan nilai *threshold* yang kedua, yaitu 0.6. Kemudian 45 citra uji yang ada diproses kembali ke dalam sistem yang baru saja diatur ulang dan begitu seterusnya hingga semua nilai *threshold* telah selesai diujikan. Adapun formula penghitungan keempat parameter uji [3].

$$— \sum \sum [() ()] \tag{5}$$

Dimana M adalah jumlah baris, N jumlah kolom, $I(x,y)$ adalah intensitas citra *cover*, dan $I'(x,y)$ adalah intensitas citra *stego*. Jika diketahui nilai maksimal intensitas piksel (MAXi) adalah 255 maka formula untuk menghitung nilai PSNR adalah [3]:

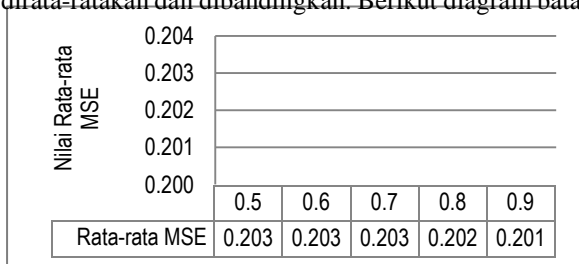
$$(—) \tag{6}$$

Sedangkan untuk analisis kualitas pesan, dilakukan penghitungan terhadap parameter BER dan CER yang mengikuti formula sebagai berikut:

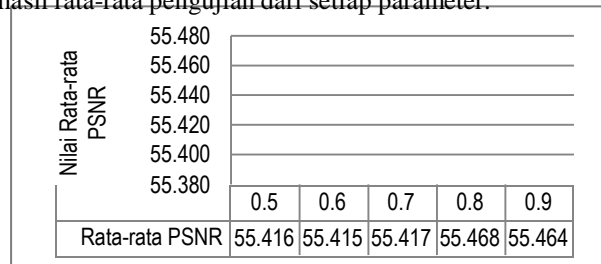
$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \tag{7}$$

$$\tag{8}$$

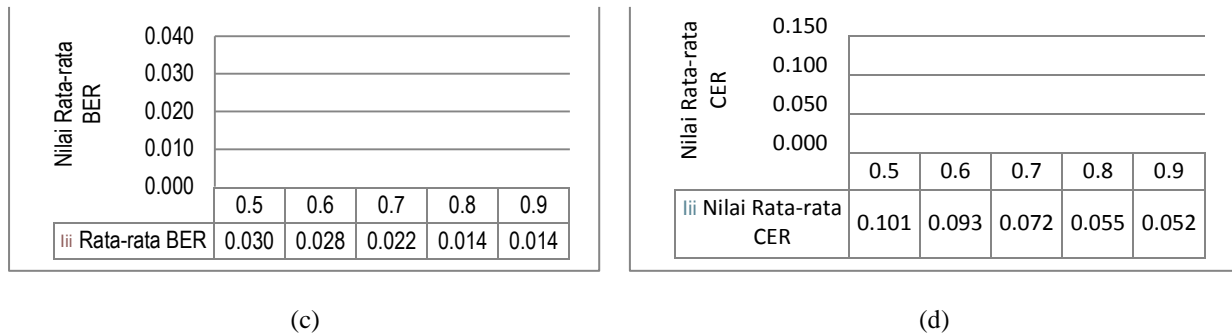
Setelah didapatkan nilai MSE, PSNR, BER dan CER. Hasil dari setiap parameter pengujian kemudian dirata-ratakan dan dibandingkan. Berikut diagram batang hasil rata-rata pengujian dari setiap parameter.



(a)



(b)



Gambar 4 (a) Diagram pengaruh nilai *threshold* pada MSE (b) Diagram pengaruh nilai *threshold* pada PSNR (c) Diagram pengaruh nilai *threshold* pada BER (d) Diagram pengaruh nilai *threshold* pada CER

Berdasarkan diagram di atas, semakin tinggi *threshold*, semakin rendah rata-rata MSE yang didapatkan. Sebaliknya, *threshold* yang tinggi menghasilkan nilai PSNR yang tinggi pula. Begitu pula pada hasil pengujian parameter BER dan CER, semakin tinggi *threshold*, semakin rendah nilai BER dan CER yang dihasilkan.

C. Mencari Pengaruh Koefisien Substitusi Terhadap MSE, PSNR, BER, dan CER

Skenario pengujian yang dilakukan adalah sistem diberikan inputan pesan sebanyak 54 karakter, yaitu „the quick brown fox jumps over the lazy dog 1234567890” dan nilai *threshold* sebesar 0.5. Variabel yang akan diubah-ubah adalah variabel koefisien substitusi. Berikut hasil pengujian yang dilakukan pada 45 data uji.

Tabel 3 Pengaruh Perubahan Koefisien Substitusi Terhadap Parameter Uji

Koefisien Substitusi	Akurasi	MSE	PSNR (dB)	BER	CER
0.005	29	0.002	74.549	0.029	0.0979
0.05	34	0.203	55.416	0.030	0.101
0.5	10	13.074	37.357	0.028	0.114

Berdasarkan tabel di atas, semakin besar koefisien substitusi, nilai MSE, PSNR, BER, dan CER yang dihasilkan semakin buruk. Tingginya nilai MSE, BER, dan CER pada koefisien substitusi yang besar disebabkan karena koefisien substitusi yang tinggi dapat mengubah koefien DCT secara drastis menyebabkan banyak bit-bit yang salah terdeteksi.

D. Mencari Pengaruh Banyak Sedikitnya Pesan Terhadap MSE, PSNR, BER, dan CER

Pada pengujian ini, setiap gambar diproses pada sistem yang sama dimana sistem menggunakan koefisien substitusi 0.05 dan *threshold* sebesar 0.5. Pada saat memasuki sistem, citra Aksara Jawa dari tiga jenis sumber data berbeda akan diberikan beban karakter penyisipan yang berbeda. Adapun pesan yang diujicobakan terdiri dari tiga pesan. Pesan pertama adalah „Telkom University” dengan jumlah 16 karakter. Pesan kedua adalah „the quick brown fox jumps over the lazy dog 1234567890” dengan jumlah 54 karakter. Dan pesan ketiga adalah „the quick brown fox jumps over the lazy dog 1234567890 the quick br” yang berjumlah 67 karakter. Dan berikut ini tabel hasil pengujian dari tiap parameter terhadap 45 data uji.

Tabel 4 Pengaruh Banyak Pesan Terhadap Nilai Rata-Rata MSE

Sumber Data	Pesan (Karakter)		
	16	54	67
Google	0.070	0.220	0.271
Ms.Word	0.050	0.154	0.193
Tulis Tangan <i>Scanner</i>	0.074	0.234	0.291

Tabel 5 Pengaruh Banyak Pesan Terhadap Nilai Rata-Rata PSNR (dB)

Sumber Data	Pesan (Karakter)		
	16	54	67
Google	60.219 dB	55.229 dB	54.320 dB
Ms.Word	61.247 dB	56.318 dB	55.359 dB
Tulis Tangan <i>Scanner</i>	59.686 dB	54.700 dB	53.770 dB

Tabel 6 Pengaruh Banyak Pesan Terhadap Nilai Rata-Rata BER

Sumber Data	Pesan (Karakter)		
	16	54	67
Google	0.026	0.046	0.048
Ms.Word	0.004	0.017	0.019
Tulis Tangan <i>Scanner</i>	0.014	0.029	0.063

Tabel 7 Pengaruh Banyak Pesan Terhadap Nilai Rata-Rata CER

Sumber Data	Pesan (Karakter)		
	16	54	67
Google	0.082	0.135	0.142
Ms.Word	0.027	0.068	0.076
Tulis Tangan <i>Scanner</i>	0.055	0.101	0.194

Berdasarkan empat tabel hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pesan yang disisipkan semakin besar nilai MSE dan semakin rendah nilai PSNR yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan, semakin banyak pesan yang disisipkan, semakin banyak nilai piksel yang berubah sehingga perbedaan intensitas piksel gambar *cover* dengan *stego* semakin besar. Begitu pula pengaruhnya pada parameter BER dan CER, semakin banyak pesan yang disisipkan, probabilitas bit dan karakter *error* juga semakin tinggi.

E. Mengetahui Ketahanan Sistem Terhadap Serangan *Noise*

Dalam pengujian ini, skenario yang dilakukan adalah sistem di *setting* dengan nilai *threshold* 0.5, koefisien substitusi sebesar 0.05, dan pesan inputan bertuliskan „the quick brown fox jumps over the lazy dog 1234567890“. Setelah di *setting*, sistem akan diuji dengan penambahan *noise* yang berjenis *salt and pepper* dan *gaussian*. Dari pengujian yang dilakukan, nilai rata-rata MSE dari citra yang diberi serangan baik *noise salt and pepper* maupun *Gaussian* adalah sebesar 0,203. Dan dari segi parameter PSNR, citra hasil keluaran sistem mempunyai nilai rata-rata PSNR sebesar 55,416. Sedangkan dari segi kualitas pesan yang dilihat dari parameter BER dan CER didapatkan hasil bahwa sistem yang diberi serangan *noise salt and pepper* mempunyai nilai rata-rata BER dan CER sebesar 0,089 dan 0.344 serta sistem yang diberi serangan *gaussian noise* mempunyai nilai rata-rata CER dan BER sebesar satu atau dengan kata lain dari semua data uji tidak ada satu pun data yang dapat terekstraksi. Untuk lebih jelasnya, rincian hasil pengujian dapat dilihat pada lembar lampiran.

F. Uji parameter MOS (*Mea Opinion Score*)

Pengujian parameter MOS yang dilakukan bertujuan untuk melihat kualitas *stego-image* jika diberi input pesan dengan panjang yang berbeda-beda. Panjang pesan yang diinputkan didasarkan pada jumlah karakter maksimal yang dapat disisipkan dari setiap data gambar sampel. Adapun skenario pengujiannya adalah diambil 5 gambar sampel dari tiap sumber data sehingga total data yang digunakan ada 15 data dimana lima gambar diambil dari Google, lima data dari Ms.Word, dan lima data lagi dari data tulis tangan *scanner*. Dari kelima belas data tersebut, setiap data akan diuji kualitas hasil *stego-image*-nya apabila gambar disisipi pesan sebanyak 25%, 50%, 75%, dan 100% dari jumlah karakter maksimum yang dapat disisipkan. Setelah didapatkan citra *stego* dari setiap sumber data, dilakukan survei kepada 30 orang responden. Dari hasil survei sementara, didapatkan nilai rata-rata MOS sebesar empat.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari proses pengujian yang telah dilakukan adalah sistem deteksi tanda menggunakan metode *threshold* sudah dapat mendeteksi tanda dengan baik yang dibuktikan dengan tingkat akurasi deteksi di atas 90% pada penggunaan *threshold* yang bernilai dua. Untuk proses penyisipan, keberhasilan proses penyisipan pada sistem sangat dipengaruhi oleh nilai *threshold*, koefisien substitusi, dan panjang pesan yang disisipkan. Apabila semakin tinggi nilai *threshold* yang digunakan maka semakin banyak jumlah piksel yang tersedia sebagai letak penyisipan. Sehingga kualitas *stego-image* yang dihasilkan dan akurasi pesan hasil ekstraksi pesan juga akan semakin bagus. Sedangkan untuk penggunaan koefisien substitusi, koefisien substitusi yang sangat besar menghasilkan nilai MSE, PSNR, BER, dan CER yang semakin buruk. Semakin banyak pesan yang disisipkan, perbedaan antara citra *stego* dengan citra asli semakin besar. Hal ini terbukti dari nilai MSE yang tinggi dan nilai PSNR yang rendah. Dan jika dilihat dari sisi ketahanan sistem, sistem „Steganografi *Discrete Cosine Transform* Pada Karakter Khusus Aksara Jawa” yang telah dibuat ini masih sangat lemah terhadap serangan *noise*. Hal tersebut dikarenakan proses penyisipan melibatkan semua layer pada domain frekuensi sehingga pada pengujian penambahan *noise*, nilai akurasi data yang dapat diekstraksi kecil atau bahkan 0 untuk serangan *noise* jenis *Gaussian*.

Daftar Pustaka:

- [1] Gonzales, Rafael C. and Rhicard E. Woods.1992. *Digital Image Processing*. America:Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [2] Male, Ghozali Moenandar. "Analisa Kualitas Citra Pada Steganografi Untuk Aplikasi e-Government". Program Sarjana: Institut Sepuluh November. Surabaya.
- [3] Mulyantini, Agustien. 2012. "Analisis Steganografi Pada Citra Digital Menggunakan DCT (Discrete Cosine Transform) dan Enkripsi AES". Program Sarjana: IT Telkom. Bandung.
- [4] Putra, Darma. 2010. "Pengolahan Citra Digital". Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [5] Qadarisman, A. Yuda. 2011. "Steganografi Video dengan Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform (DCT)". Program Sarjana: Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [9] Samphaibon, Natthawut and Matthew N. Dailey." *Steganography in Thai Text*". Graduated Program: Asian Institute of Technology.
- [12] T. Sutoyo, et al. 2009. "Teori Pengolahan Sinyal Digital". Semarang: Penerbit ANDI.