

IMPLEMENTASI *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* UNTUK PENYISIPAN TEKS PADA GAMBAR

Andi Prawirawan^{*1}, Isnawaty², Rahmat Ramadhan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, FTEKNIK UHO, Kendari

e-mail: ^{*1}andiprawirawan@gmail.com, ²isna.1711@gmail.com, ³f1a107041@gmail.com

Abstrak

Steganografi merupakan ilmu dan seni yang mempelajari cara menyembunyikan pesan rahasia ke dalam suatu media sedemikian sehingga manusia tidak dapat menyadari keberadaan pesan tersebut. Pada skripsi ini, dilakukan penelitian mengenai penerapan steganografi dengan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) pada media gambar dan teks sebagai pesan rahasia.

Steganografi teks pada gambar dilakukan dengan menyembunyikan pesan rahasia pada hasil dekomposisi DWT *level* satu pada *subband* LL. Gambar direkonstruksi melalui proses *upsampling* dan *filtering* menggunakan *highpass* dan *lowpass reconstruction filter* dari tiap-tiap *subband*. Berkas citra hasil dari proses steganografi sering disebut sebagai citra stego (*stego image*). Pada penelitian ini, penilaian kualitas citra stego dilakukan secara objektif, yaitu dengan cara menghitung nilai PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). Nilai PSNR ini didapat dengan membandingkan citra asli (*cover image*) dengan citra stego dengan menghitung nilai MSE (*Mean Square Error*) terlebih dahulu.

Hasil penelitian ini adalah dapat dibuat suatu aplikasteganografi yang dapat menyisipkan dan mengekstraksi pesan teks pada gambar digital, dengan menggunakan metode DWT. Aplikasi ini diharapkan dapat menjaga keamanan pesan teks yang dirahasiakan, serta dapat melindungi pesan teks yang dirahasiakan terhadap akses dari pihak-pihak yang tidak berhak.

Kata kunci—Steganografi, *Stego Image*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT), PSNR, MSE

Abstract

Steganography is the art and science that studies about hiding a secret message into a medium so that man cannot be aware of the existence of the message. In this minithesis, it has been done a study on the application of the method of steganography Discrete Wavelet Transform (DWT) on media images and text as a secret message.

Steganography text in the image is done by hiding the secret messages on a single level DWT decomposition in the subband LL. The image is reconstructed through the process of upsampling and highpass and lowpass filtering using reconstruction filters of each subband. The result image of steganography is often referred to stego image. In this study, the stego image quality assessment is conducted objectively, for instance by calculating the value of PSNR (Peak Signal to Noise Ratio). The PSNR values is obtained with comparing the original image (cover image) with the stego image by calculating the value of MSE (Mean Square Error) beforehand.

From the result of this study, it can be made a Steganography application which can be inserted and extracted the text in digital images, using DWT. This application is expected to maintain the security of confidential text messages, and can protect confidential text messages to the access of those who are not eligible.

Keywords —Steganography, *Stego Image*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT), PSNR, MSE

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi informasi menyebabkan penggunaan media *digital* semakin banyak digunakan. Penyampaian informasi melalui media *digital* dipilih karena

efisiensi waktu pengiriman yang sangat cepat dan penggunaannya yang semakin mudah. Permasalahan muncul ketika seseorang ingin mengirimkan informasi yang bersifat rahasia, namun keamanan pada media internet sangatlah minim, sehingga informasi yang

ingin disampaikan rentan sekali terhadap pencurian.

Mengatasi permasalahan keamanan tersebut dapat menggunakan *kriptografi*, yaitu teknik pengenkripsian pesan. Teknik ini dapat menimbulkan kecurigaan karena pesan acak tidak memiliki makna secara kasat mata, sehingga mudah dicurigai. Untuk menjawab masalah dari *kriptografi* digunakan teknik penyembunyian pesan yaitu *steganografi*. Teknik ini menyisipkan pada media lain (*cover object*) yang umum digunakan dalam kehidupan. Pesan yang dikirimkan melalui media yang telah disisipi pesan (*stego-object*) tidak akan menimbulkan kecurigaan orang lain, karena perbedaannya tidak dapat dilihat secara kasat mata.

Media yang paling mudah dimanfaatkan untuk *steganografi* adalah berkas multimedia. Berkas yang sering dijumpai adalah berkas gambar. Pada *steganografi* dengan media gambar, pengirim pesan melakukan proses penyisipan (*embedding*) teks yang hendak dikirim secara rahasia ke dalam citra sebagai tempat menyimpannya yang disebut *coverimage*, dengan menggunakan kunci tertentu, sehingga dihasilkan citra dengan pesan yang tersembunyi di dalamnya yang disebut *stegoimage*. Untuk melihat pesan, dilakukan proses pengeluaran (*extracting*) pada *stego image* hasil penyisipan untuk memisahkan pesan dan citra dengan menggunakan kunci yang sama seperti pada proses *embedding*.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk penyisipan teks pada gambar adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Metode DWT melakukan dekomposisi suatu gambar menjadi empat bagian yaitu *subband* koefisien aproksimasi (LL), detil horisontal (HL), detil vertikal (LH), dan detil diagonal (HH). Proses penyisipan teks dilakukan pada *subband* LL menggunakan metode Lempel Ziv Welch (LZW). *Mother wavelet* yang digunakan adalah Daubechies 4 (Db4).

Kelebihan dari metode DWT yaitu kualitas gambar yang menjadi tempat penyisipan teks tidak jauh berubah dari kualitas media asli.

Penelitian yang dilakukan oleh [1] pada tahun 2014, penelitian ini memaparkan metode steganografi gambar menggunakan metode DWT. Penelitian ini menggunakan gambar sebagai pesan rahasia dan sebagai

objek pembawa pesan rahasia yaitu berupa file gambar.

Steganografi pada media lainnya yaitu file audio juga telah pernah dilakukan dengan menggabungkan teknik steganografi dan kriptografi rijndael yang dilakukan oleh [2] pada tahun 2014. Teknik steganorafi ini memanfaatkan *frame* homogen yang dimiliki oleh *file* audio sehingga dapat digunakan untuk menyisipkan berbagai macam *file* sebagai pesan rahasia. Penelitian ini menjadikan *file* audio, *file* gambar, dan *file* lainnya sebagai pesan rahasia dan *file* audio mpeg-1 layer 3 (MP3) sebagai media untuk menyisipkan pesan tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh [3] pada tahun 2013 dengan menggunakan metode LSB. Penelitian ini mengubah huruf yang akan disisipkan menjadi bentuk bilangan biner dan akan menggantikan nilai warna dari gambar yang telah diubah ke dalam bentuk biner sehingga pesan akan mudah disisipkan. Kekurangan dari penelitian ini yaitu memberikan nilai PSNR yang tidak cukup baik dibandingkan dengan metode lainnya seperti DWT. Pada penelitian ini akan dilakukan penyisipan pesan rahasia berupa teks melalui *file* gambar sebagai media menyisipkan pesan dengan menggunakan metode DWT. Metode DWT melakukan dekomposisi gambar menjadi empat bagian yaitu LL, HL, LH, dan HH kemudian pesan rahasia akan disisipkan pada bagian LL dengan menggunakan metode LZW.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses steganografi gambar dilakukan dengan melakukan proses DWT terlebih dahulu menggunakan *mother wavelet* Db4. Teks kemudian disisipi pada *subband* LL menggunakan metode LZW.

Pada penelitian ini, dekomposisi wavelet yang digunakan sebanyak 1 level dengan menggunakan *mother wavelet* Db4 dan dekomposisi dilakukan pada nilai piksel gambar yang didapatkan dari penjumlahan nilai merah, hijau dan biru. Langkah-langkah dekomposisi citra menggunakan Db4 yaitu:

1. Misalkan S adalah citra digital.
2. Melakukan konvolusi baris antara S dengan masing-masing *filter* L dan H yaitu

$$L = [-0.1294 \quad 0.2241 \quad 0.8365 \quad 0.4830]$$

$H = [-0.4830 \ 0.8365 \ -0.2241 \ -0.1294]$
 Diperoleh

$$P = S \circledast L$$

$$Q = S \circledast H$$

3. Melakukan *downsampling* kolom pada masing-masing P dan Q sehingga menghasilkan berturut-turut matriks Z dan W .
4. Melakukan konvolusi kolom antara Z dengan masing-masing *filter* L dan H dan menghasilkan masing-masing matriks A dan B . Hal yang sama dilakukan pada W dan menghasilkan matriks C dan D .
5. Melakukan *downsampling* baris pada masing-masing A, B, C dan D sehingga menghasilkan berturut-turut *subband* LL, LH, HL dan HH.

Tahap penyisipan teks dilakukan menggunakan algoritma LZW. Algoritma LZW mereduksi jumlah *token* yang dibutuhkan menjadi 1 simbol saja. Simbol ini merujuk kepada *index* dalam *dictionary*. Proses kerjanya mirip dengan algoritma LZ78, tetapi jika pada algoritma LZ78 *dictionary* dimulai dari keadaan kosong, LZW mengisi *dictionary* ini dengan seluruh simbol *alfabet* yang dibutuhkan. Pada kasus yang umum, 256 *index* pertama dari *dictionary* akan diisi dengan karakter ASCII dari 0-255.

Dictionary telah diisi dengan semua kemungkinan karakter terlebih dahulu, maka karakter inputan pertama akan selalu dapat ditemukan dalam *dictionary*. Inilah yang menyebabkan token pada LZW hanya memerlukan 1 simbol saja yang merupakan *pointer* pada *dictionary*. Kelebihan algoritma ini yaitu cepat dalam implementasi dan kekurangannya kurang optimal karena hanya melakukan analisis terbatas pada data [4].

Strategi penyisipan teks ke dalam media gambar yang digunakan yaitu pada setiap bit huruf akan digantikan dengan bit yang telah dilakukan *downsampling* sebanyak satu level. Persamaan (1) digunakan untuk media steganografi.

$$R_1 = \text{pixindex} \bmod 256$$

$$R'_1 = R_1 \text{ and } 240$$

$$R_2 = \text{nilaihuruf} \bmod 256 \quad (1)$$

$$R'_2 = R_2 \text{ and } 240$$

$$r = R_2 \bmod 240$$

Untuk melakukan proses ekstraksi pesan menggunakan persamaan (2).

$$R = ((R_1 \text{ And } R_2) * 17) + r \quad (2)$$

Misalkan pesan rahasia yang ingin disisipkan yaitu huruf "T", sebelum proses penyisipan maka kata yang akan disembunyikan diubah menjadi angka decimal ASCII yaitu sebagai berikut:

$$T = 84$$

Misalkan hasil dekomposisi pada *subband* LL yang ingin disisipi pesan huruf T ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Matriks *subband* LL

1.1178	12.9724	-0.2205	8.1452	4.9232
14.9204	164.7610	138.0839	70.2764	116.8775
3.8688	121.4542	87.0054	97.3262	68.4033
17.5110	58.9127	86.3927	81.2405	60.5552
22.9907	101.9415	69.3007	96.6147	65.6255

Proses penyisipan teks kemudian dilakukan sebagai berikut :

1. Nilai intensitas pada citra yaitu 1,1178 akan disisipi oleh huruf T yang bernilai 84.

$$R_1 = 1,1178 \bmod 256 = 1,1178$$

$$R'_1 = (1,1178 \text{ And } 240) = 0$$

3. Setelah mendapatkan nilai bit pada gambar *cover* kemudian dilanjutkan dengan proses mencari nilai bit untuk huruf T yang bernilai ASCII = 84

$$R_2 = 84 \bmod 256 = 84$$

$$R'_2 = 84 \text{ and } 17 = 4$$

$$r = 84 \bmod 17 = 16$$

4. Setelah nilai bit pesan rahasia telah didapatkan maka nilai dari gambar *stego* akan dihasilkan dari operasi OR nilai RGB *cover* nilai dengan bit RGB pesan rahasia yaitu sebagai berikut

$$RGBstego = (0 \text{ Or } 4) = 4$$

Jadi, untuk nilai R pada gambar *cover* akan diubah menjadi 4 yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Matriks Perubahan Nilai R untuk Huruf T

4.0000	12.9724	-0.2205	8.1452	4.9232
14.9204	164.7610	138.0839	70.2764	116.8775
3.8688	121.4542	87.0054	97.3262	68.4033
17.5110	58.9127	86.3927	81.2405	60.5552
22.9907	101.9415	69.3007	96.6147	65.6255

Pesan telah berhasil disisipkan pada gambar dan nilai piksel gambar asli. Proses

rekonstruksi gambar kemudian dilakukan untuk mendapatkan gambar hasil penyisipan melalui proses IDWT. Langkah-langkah proses IDWT level 1 yaitu :

- 1) Melakukan *upsampling* baris pada masing-masing subband LL (Tabel 2), LH, HL dan HH.
- 2) Melakukan konvolusi kolom pada masing-masing :

$$\begin{aligned} E &= LL \otimes L' \\ F &= LH \otimes H' \\ G &= HL \otimes L' \\ J &= HH \otimes H' \end{aligned}$$

- 3) Melakukan penjumlahan matriks dari 2) yaitu :

$$\begin{aligned} K &= E + F \\ L &= G + J \end{aligned}$$

- 4) Melakukan *upsampling* kolom pada *K* dan *L* kemudian melakukan konvolusi baris yaitu :

$$\begin{aligned} M &= K \otimes L' \\ N &= L \otimes H' \end{aligned}$$

- 5) Menjumlahkan antara *M* dan *N* sehingga diperoleh gambar hasil penyisipan *S'*. Kemudian dilakukan pengaturan ukuran matriks *S'* agar sama dengan ukuran matriks untuk gambar awal *S*.

Kualitas gambar stego kemudian ditentukan menggunakan MSE dan PSNR yang masing-masing ditunjukkan berturut-turut oleh persamaan (3) dan (4).

$$MSE = \frac{1}{m * n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (s_{i,j} - s'_{i,j})^2 \quad (3)$$

dengan $s_{i,j}$ adalah nilai piksel ke- (i,j) untuk gambar awal dan $s'_{i,j}$ adalah nilai piksel ke- (i,j) untuk gambar stego.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{MSE} \right) \quad (4)$$

Proses ekstraksi dilakukan untuk memperoleh pesan yang disisipkan dalam sebuah gambar. Langkah melakukan proses ekstraksi yaitu :

- 1) Melakukan dekomposisi DWT 1 level pada gambar yang telah disisipi menggunakan *mother wavelet* Db4 sehingga diperoleh matiks *subband* LL yang ditunjukkan oleh Tabel 3.
- 2) Melakukan ekstraksi pesan menggunakan persamaan (2).

$$\begin{aligned} RGBekstrak &= (R_1 \text{ And } R_2) \times 17 + r \\ &= (4 \text{ And } 84) \times 17 + 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (4 \times 17) + 16 \\ &= 84 \end{aligned}$$

Tabel 3 Matriks *subband* LL hasil dekomposisi DWT level 1 dari gambar stego

4.0000	12.9724	-0.2205	8.1452	4.9232
14.9204	164.7610	138.0839	70.2764	116.8775
3.8688	121.4542	87.0054	97.3262	68.4033
17.5110	58.9127	86.3927	81.2405	60.5552
22.9907	101.9415	69.3007	96.6147	65.6255

- 3) Diperoleh pesan yang disisipkan adalah angka 84 yang dalam konversi ASCII adalah huruf T.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan perancangan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi steganografi teks dengan menggunakan bahasa pemrograman java. *Required software* atau perangkat lunak dan spesifikasi *hardware* yang dibutuhkan untuk menjalankan aplikasi steganografi teks yaitu :

1. Sistem operasi Windows 7.
2. Netbeans IDE 8.0.

Aplikasi steganografi ini telah diuji dan berjalan baik pada sebuah laptop Dell Vostro 5470 dengan spesifikasi *hardware* sebagai berikut.

1. Processor Intel Core i-5 4200-u (2.3 GHz)
2. HDD 500 GB
3. RAM 4 GB

Aplikasi steganografi teks terdiri dari 5 tampilan yaitu :

1. Tampilan *Menu* Utama

Menu utama merupakan tampilan awal program yang menampilkan menu yang dapat dipilih oleh pengguna dalam pengoperasian program. Gambar 1 menunjukkan *form menu* Utama.



Gambar 1 Tampilan *form* menu utama

2. Tampilan Penyisipan Pesan

Pada *form* ini proses penyisipan pesan dimulai dengan memasukkan teks yang akan disisipkan melalui *input* langsung, memilih *file .txt* dan memilih *file .doc*, kemudian memasukkan gambar sebagai media penyisipan teks dan jika gambar telah dipilih maka gambar akan tampil pada kotak yang telah disediakan. Gambar 2 menunjukkan *form* penyisipan teks pada gambar.



Gambar 2 Tampilan *form* penyisipan teks pada gambar

3. *Form* Ekstraksi Pesan

Pada *form* ekstraksi pesan akan dilakukan proses mengeluarkan pesan yang ada pada gambar. Pertama pengguna memasukkan gambar yang sebelumnya telah disisipkan pesan dengan menekan tombol cari gambar, setelah gambar telah dimasukkan proses selanjutnya yaitu memasukkan kunci yang digunakan dalam proses penyisipan pesan sebelumnya. Tampilan dari menu ekstraksi pesan yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.

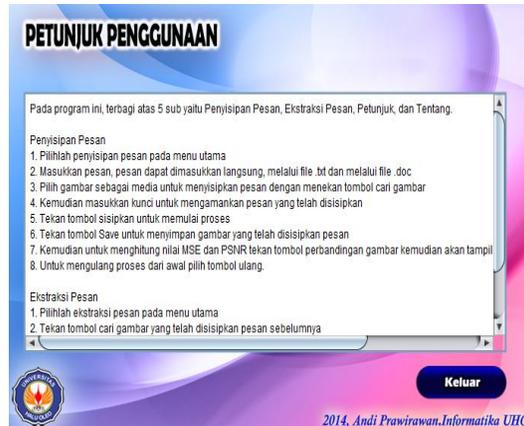


Gambar 3 Tampilan *form* Ekstraksi Pesan

4. Tampilan Petunjuk Penggunaan

Pada *form* petunjuk pengguna akan ditampilkan petunjuk penggunaan aplikasi

steganografi teks mulai dari proses penyisipan sampai pada proses ekstraksi pesan. Tampilan *form* petunjuk penggunaan ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan *form* Petunjuk Penggunaan

5. Tampilan Tentang

Form ini menampilkan informasi tentang aplikasi penyisipan pesan pada gambar yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan *form* Tentang

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap 6 buah gambar uji yang memiliki ukuran dan ekstensi gambar yang berbeda dengan menggunakan aplikasi penyisipan pesan pada gambar. Keenam gambar akan disisipkan sejumlah karakter dengan jumlah yang berbeda-beda mulai dari 5 karakter, 50 karakter, 100 karakter, 200 karakter, 300 karakter, dan 600 karakter. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan yang terjadi pada gambar uji yang diukur dengan besarnya perubahan nilai MSE dan PSNR dari setiap

gambar uji tersebut. Pada pengujian aplikasi penyisipan pesan pada gambar akan diperlukan gambar uji yang ditunjukkan pada Tabel 4 yang berisi tentang deskripsi gambar uji.

Tabel 4 Gambar Uji

No	Nama Citra Uji	Gambar	Ukuran gambar (pixel)
1.	Tiger.bmp		320x240
2.	Cat.bmp		500x330
3.	Eiffel.jpg		600x400
4.	Onepiece.bmp		660x495
5.	Rossi.bmp		800x600

6.	Mountain.jpg		1024x 768
----	--------------	---	-----------

Tabel 5 menunjukkan nilai MSE dari setiap gambar uji tersebut sesuai dengan jumlah karakter yang telah ditentukan. Tabel 6 menunjukkan nilai PSNR dari tiap citra uji berdasarkan Tabel 5.

Tabel 5 Nilai MSE tiap gambar uji

No	Nilai MSE					
	5	50	100	200	300	600
1	0.0008	0.0031	0.0058	0.0111	0.0164	0.0317
2	0.0003	0.0013	0.0025	0.0049	0.0073	0.0144
3	0.0002	0.0010	0.0018	0.0034	0.0050	0.0101
4	0.0002	0.0007	0.0013	0.0025	0.0037	0.0074
5	0.0001	0.0005	0.0009	0.0017	0.0025	0.0050
6	0.00008	0.0003	0.0005	0.0010	0.0015	0.0031

Tabel 5 menyatakan nilai MSE dari gambar uji pada setiap jumlah karakter yang diujikan yaitu 5 karakter, 50 karakter, 100 karakter, 200 karakter, 300 karakter, dan 600 karakter, semakin kecil nilai MSE maka semakin baik kualitas gambar hasil sisip. Hal tersebut juga didukung dengan nilai PSNR pada Tabel 6, yang nilainya berbanding terbalik dengan nilai MSE yaitu semakin besar nilai PSNR suatu gambar stego, maka semakin kecil nilai MSE dan semakin baik pula kualitas gambar stego tersebut.

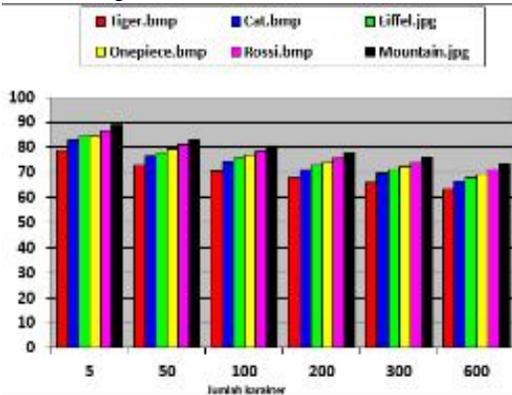
Tabel 6 Nilai PSNR tiap gambar uji

No	Nilai PSNR (dB)					
	5	50	100	200	300	600
1	78.92	73.11	70.44	67.64	65.97	63.11
2	82.98	76.70	74.04	71.22	69.49	66.52
3	84.37	78.05	75.48	72.76	71.06	68.07
4	84.94	79.45	76.82	74.02	72.42	69.40
5	86.61	80.92	78.38	75.66	74.02	71.08
6	88.89	82.98	80.59	77.78	76.09	73.13

Perbandingan nilai PSNR terhadap jumlah karakter yang disisipkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa jumlah karakter yang disisipkan pada setiap gambar uji berpengaruh terhadap nilai MSE dan PSNR yang dihasilkan atau dengan kata lain setiap gambar uji yang digunakan mengalami perubahan sesuai

dengan jumlah karakter yang disisipkan ke dalam gambar uji.

Semakin banyak karakter yang disisipkan maka semakin berkurang pula kualitas gambar stego yang dihasilkan. Perubahan kualitas gambar stego tersebut masih sukar dideteksi oleh indera penglihatan manusia. Hal ini ditunjukkan oleh kualitas gambar dari citra uji yang telah disisipkan sejumlah karakter yang bervariasi pada Tabel 7.



Gambar 6 Grafik perbandingan nilai PSNR terhadap jumlah karakter yang disisipkan

Tabel 7 Perubahan Kualitas Gambar pada Citra Uji

No .	Jumlah Karakter	Gambar (600x400)
1.	Tidak ada (citra asli)	
2.	5	
3.	50	

4.	100	
5.	200	
6.	300	
7.	600	

Pengujian perubahan kualitas gambar pada gambar uji memberikan hasil yang baik karena dari beberapa jumlah karakter yaitu 5, 50, 100, 200, 300, dan 600 karakter yang telah dimasukkan atau disisipkan pesan pada gambar tidak terlihat perbedaan yang signifikan antara gambar asli dan gambar hasil sisipan pesan yang dapat dilihat pada Tabel 7, sehingga tidak menimbulkan kecurigaan bahwa dalam gambar terdapat pesan yang telah disisipkan sebagai pesan rahasia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi penyisipan pesan pada gambar, maka dapat disimpulkan :

1. Aplikasi penyisipan teks pada gambar yang telah dihasilkan melalui implementasi metode DWT dengan melakukan dekomposisi sebanyak satu level sehingga menghasilkan koefisien aproksimasi yang dapat menyimpan pesan

- teks. Sehingga keberadaan pesan dalam bentuk teks pada gambar tidak mudah terdeteksi oleh indera penglihatan manusia.
2. Pesan rahasia yang telah disisipkan pada gambar dapat kembali diperoleh secara baik dan utuh pada proses ekstraksi pesan rahasia dengan melakukan proses dekomposisi sebanyak satu level pada gambar yang telah disisipkan pesan sehingga menghasilkan *subband* LL yang menyimpan pesan rahasia.
 3. Jumlah karakter mempengaruhi kualitas gambar yang telah disisipkan pesan terbukti dengan semakin banyaknya karakter yang disisipkan, yang dapat dilihat pada gambar uji tiger.bmp yang disisipkan 5 karakter tulisan mendapatkan nilai MSE 0,0008 dan nilai PSNR 78,92 sedangkan jika disisipkan 600 karakter tulisan maka nilai MSE akan meningkat dan nilai PSNR akan menurun yaitu pada nilai MSE 0,0317 dan nilai PSNR 63,11.

5. SARAN

Beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian ini adalah :

1. Agar pada penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan DWT untuk pesan rahasia lainnya seperti *file* gambar, *audio*, *video* dan lain-lain.
2. Agar metode DWT dapat diimplementasikan dengan menggunakan media penampung (*cover object*) lainnya, seperti *audio*, *video*, teks, dan lain-lain.
3. Agar pada penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan steganografi dengan media gambar lainnya seperti .png, .gif dan sebagainya.
4. Dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai penyisipan pesan yang membandingkan antara metode DWT dengan metode Steganografi yang lain, sehingga akan diperoleh sebuah metode Steganografi yang memiliki kinerja yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Penyisipan Gambar pada Gambar, *Jurnal STIMIK Budi Darma*, Medan
- [2] Indrayani, R., 2014, Aplikasi Steganografi File Terenkripsi pada Audio File Tipe MPEG 1 Layer 3 (MP3), *Skripsi*, Teknik Informatika Universitas Halu Oleo.
 - [3] Oktaviana, D., 2013, Aplikasi Steganografi pada Citra Digital dengan Metode Least Significant Bit (LSB) Secara Sequence, *Skripsi*, Teknik Informatika Universitas Halu Oleo.
 - [4] Panggabean, L.H.P, 2004, *Perbandingan Kinerja Algoritma Kompresi Huffman, LZW, dan DMC pada Berbagai Tipe File*,
 - [1] Kurniawan, J., 2014, Implementasi Discrete Wavelet Transform untuk
