

ANALISIS METODE ALGORITMA COEFFICIENT DIFFERENCE DALAM INTEGER HAAR WAVELET TRANSFORM (IHWT) PADA STEGANOGRAFI UNTUK CITRA DIGITAL

Dewi Pergiwati¹, DR Pulung Nurtantio Andono, S.T, M.Kom²

Mahasiswa Universitas Dian Nuswantoro Semarang¹, Dosen Universitas Dian Nuswantoro Semarang²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Jl. Nakula 1, No. 5-11 Semarang, Kode Pos 50131, Telp. (024) 3515261, 3520165 Fax: 3569684

E-mail : dewiwati7@gmail.com¹, 111201207056@mhs.dinus.ac.id²

Abstrak

Perkembangan informasi digital telah menyebabkan meningkatnya permintaan pada teknologi keamanan informasi untuk melindungi kerahasiaan informasi. Steganografi digital adalah salah satu teknologi yang mampu melindungi informasi dari intersepsi tidak sah. Hal ini karena kemampuan untuk menyembunyikan tertanam informasi tanpa menarik perhatian eavesdropper ini. Di antara media digital, gambar digital adalah media yang paling banyak digunakan untuk steganografi. Penggunaan DCT pada blok kecil dapat menimbulkan efek memblokir dan artefak yang tidak diinginkan pada gambar secara keseluruhan. Kelemahan ini dari DCT dapat dihilangkan dengan menggunakan Discrete Wavelet Transform (DWT) yang lebih kompatibel dengan Human Visual System (HVS). Namun titik mengambang DWT dapat menyebabkan beberapa kehilangan informasi. Di sisi lain, Integer Wavelet Transform (IWT) diwakili dalam presisi yang terbatas dapat menghindari masalah floating point presisi dalam DWT. Dalam penelitian ini, pesan yang tertanam pada 1-tingkat Integer Haar Wavelet Transform (IHWT) menggunakan koefisien skema perbedaan yang disebut dengan Coefficient Difference. Hasilnya menunjukkan bahwa metode yang memakai nilai threshold 3 dapat mengungguli metode dengan threshold 2 dalam hal kapasitas maksimum dan threshold 2 mengungguli threshold 3 dalam hal imperceptibility.

Kata Kunci: Citra Digital, Steganografi, Coefficient Difference, IHWT (Integer Haar Wavelet Transform).

Abstract

The development of digital information has led to increase demand on information security technology to protect the confidentiality of information. Digital steganography is one technology that is able to protect the information from authorized interception this is because the ability to hide the embedded information without attracting attention this eavesdropper. The use of Discrete Wavelet Transform (DCT) on small blocks can cause blocking effect and unwanted artifacts on the overall picture. This weakness of the DCT can be removed by using the Discrete Wavelet Transform (DWT) that is more compatible with Human Visual System (HVS). But DWT floating point may cause some loss of information. On the other hand, Integer Wavelet Transform (IWT) is represented in the limited precision can avoid problems in the DWT floating point precision. In this study, the message is embedded in the 1-level Integer Haar Wavelet Transform (IHWT) using the Coefficient Difference scheme called the Coefficient Difference. The result shows that the method with threshold=3 can surpass method with threshold 2 in terms of maximum capacity and threshold 2 can surpass threshold 3 in terms of imperceptibility.

Keywords: digital image, Steganography, Coefficient Difference, IHWT (Integer Haar Wavelet Transform).

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan yang cepat dalam konsumsi informasi digital dalam decade terakhir telah menyerukan perhatian serius terhadap isu-isu keamanan seperti manajemen hak digital, keaslian dan keamanan konten[5].

Berbagai kejahatan di dunia maya seperti pemalsuan, modifikasi, duplikasi dan intersepsi telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan[16]. Salah satu cabang dari informasi persembunyian yang berfokus pada komunikasi rahasia steganografi.

Steganografi menyembunyikan keberadaan pesan yang menghindari perhatian penyadap. Hal ini membuat steganografi dengan cara yang baik untuk menyampaikan informasi rahasia melalui media digital [11].

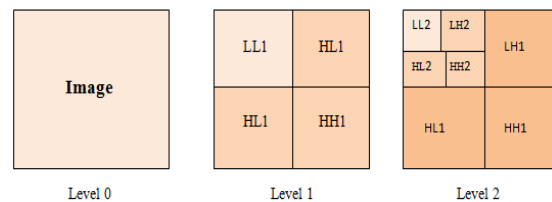
Steganografi telah diterapkan di berbagai media digital, seperti audio, gambar, video dan teks biasa. Salah satu aspek terpenting dalam steganografi adalah berfokus pada tingkat keamanan agar informasi-informasi penting yang kita tanamkan sulit untuk diketahui ataupun di sadap oleh pihak-pihak yang tidak berwenang. Steganografi itu tidak merubah informasi atau data yang kita miliki untuk dikirim ke penerima melainkan menyisipkan pesannya ke media lain.

Salah satu metode steganografi yang paling awal di domain spasial diusulkan oleh [9], yang disebut “*Least Significant Bit (LSB) Pergantian*”. LSB itu hanya mengganti *image-cover* dengan aliran bit rahasia. Data yang disembunyikan dalam bit signifikan setidaknya dapat diketahui, maka metode ini rentan terhadap ekstraksi oleh pihak lain [10]. Umumnya, metode domain spasial ini rentan terhadap serangan visual dan perubahan pixel[4]. Disisi lain mengubah metode domain yang lebih kuat terhadap operasi pengolahan citra karena skema persembunyiannya di daerah yang signifikan dari gambar sampul[7] [12].

2. DISCRETE WAVELET TRANSFORM

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan transformasi linear yang bekerja pada data vektor yang kekuatan panjang integernya dua, kemudian di ubah menjadi angka vector yang berbeda dengan panjang vector yang sama. DWT telah di implementasikan pada steganografi dan memperbarui metode dari *Discrete Cosine Transform (DCT)*.

DWT dibagi menjadi beberapa komponen dalam bentuk pita frekuensi yang disebut dengan band yang dikenal dengan sub. Satu set dalam fitur DWT adalah vektor yang mengandung energi koefisien wavelet dihitung subbands pada skala berturut- turut. Pada pengolahan citra digital, 2- Dimensi *Discrete Wavelet Transform (2D - DWT)* gambar 2 – dimensi di uraikan menjadi empat sub-band, seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. 2- Dimensi DWT

Pada aplikasi 2- dimensi, ada tingkatan dekomposisi, yang pertama dilakukan adalah DWT di vertical arah, di ikuti dengan DWT di horizontal arah. Setelah dekomposisi pada tingkat pertama, image di bagimenjadi 4 sub-band seperti di atas yaitu LL1, LH1, HL1, dan HH1. Setiap tingkat dekomposisi yang berurutan, sub-band LL dari tingkat sebelumnya digunakan untuk input. Pada dekomposisi tingkat ke dua, DWT diterapkan pada band LL1 yang akan di urai lagi menjadi empat sub-band yaitu LL2, LH2, HL2, dan HH2. Begitu pun untuk dekomposisi tingkat ketiga,. Hal tersebut dapat menyebabkan 10 sub-band per komponen dan LH1, HL1, dan HH1 memiliki pita frekuensi tertinggi, sementara LL3 mengandung pita frekuensi yang terendah.

3. INTEGER WAVELET TRANSFORM

Integer Wavelet Transform (IWT) memetakan integer data set ke integer data set lain. Pada *Discrete Wavelet Transform*, digunakan filter wavelet titik floating koefisien sehingga saat kita menyembunyikan data di koefisien tersebut setiap transaksi dari nilai- nilai floting dari piksel harus bilangan bulat dan dapat menyebabkan hilangnya beberapa informasi yang tersembunyi yang dapat menimbulkan kegagalan dari system data yang disembunyikan [9][10].

Karena perbedaan dalam bilangan bulat dari *Integer Wavelet Transform* (IWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) sub-band LL pada kasus IWT merupakan perubahan terdekat dengan skala yang lebih kecil dari gambar asli dan dalam kasus DWT LL yang dihasilkan sub-band akan terdistorsi. Untuk itu, mengangkat skema merupakan salah satu dari beberapa teknik yang dapat digunakan untuk integer bilangan bulat pada transformasi wavelet.

4. INTEGER HAAR WAVELET TRANSFORM

Dilihat keunggulan dari wavelet transform, untuk berkerja pada domain image frekuensi terutama pada bilangan bulat transformasi wavelet, sehingga peneliti lebih suka menggunakan *Integer Wavelet Transform* (IHW). *Integer Haar Wavelet Transform* dikembangkan melalui skema angkat dari *Discrete Haar Wavelet Transform* (DHW).

Sebuah image akan dirubah menjadi 2x2 blok non-overlapping untuk mengubah gambar ke dalam sub-band wavelet.

$$\begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix}$$

Berikut merupakan cara memproses 1D HDWT dalam vertical dan di ikuti 1D HDWT dalam arah horizontal:

$$cA = \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{w+x}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{y+z}{2} \right\rfloor}{2} \right\rfloor$$

$$cH = \left\lfloor \frac{w-x+y-z}{2} \right\rfloor$$

$$cV = \left\lfloor \frac{w+x}{2} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{y+z}{2} \right\rfloor$$

$$cD = w - x - y + z$$

cA merupakan nilai piksel dari LL, cH sebagai HL, cV sebagai LH, dan cD merupakan nilai piksel dari HH.

Untuk membangun koefisien wavelet, IHWT akan di lakukan pada setiap individu koefisien di setiap sub-band. Hal tersebut akan mengakibatkan blok 2x2 pada ukuran piksel seperti berikut. Disini penulis menggunakan fungsi lifting pada horizontal dan vertical 1D Invers HDWT untuk mengembalikan sinyal komposit asli dari koefisien.

$$\begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w' & x' \\ y' & z' \end{bmatrix}$$

Secara matematis Invers-HDWT dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$w' = cA + \left\lfloor \frac{cV+1}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{cH + \left\lfloor \frac{cD+1}{2} \right\rfloor + 1}{2} \right\rfloor$$

$$x' = w' - \left(cH + \left\lfloor \frac{cD+1}{2} \right\rfloor \right)$$

$$y' = cA + \left\lfloor \frac{cV+1}{2} \right\rfloor - cV + \left\lfloor \frac{cH + \left\lfloor \frac{cD+1}{2} \right\rfloor - cD + 1}{2} \right\rfloor$$

$$z' = y' - \left(cH + \left\lfloor \frac{cD+1}{2} \right\rfloor \right) - cD$$

w', x', y', z' merupakan bentuk invers dari cA, cH, cV, dan cD.

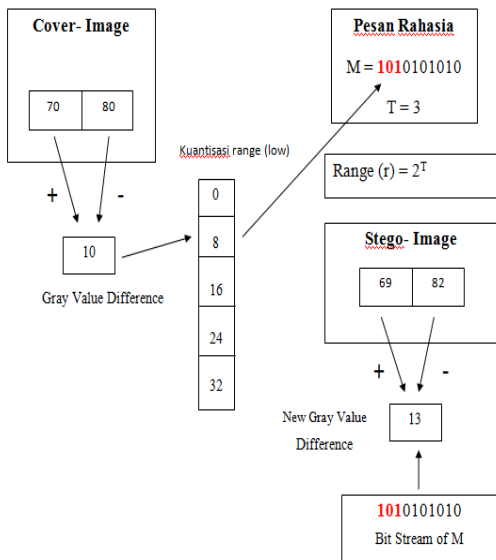
Frekuensi bagian terendah dari DCT, F (0,0) dan 3-level koefisien perkiraan 3 cA mewakili semua sub-band terendah dari sinyal asli. Dan sebagian F(0,0) akan tetap utuh di bawah kuantisasi

setiap tingkat itu. Untuk itu[16], penulis menganggap bahwa informasi yang tertanam dalam 3 cA akan kebal terhadap tingkat tertinggi dari JPEG kompresi.

5. COEFFICIENT DIFFERENCE

Coefficient Difference merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk menyembunyikan pesandengan memanfaatkan nilai perbedaan antara dua nilai koefisien wavelet tetangga [3]. Teknik *coefficient difference* ini di adaptasi dari *Pixel Value Differencing (PVD)*. Metode *Coefficient Difference* ini menanamkan dan menyembunyikan pesan rahasia dengan nilai-nilai yang berbeda pada jumlah presisi yang terbatas dan cocok dalam *Integer Wavelet Transform (IWT)*.

Coefficient Difference tidak hanya memberikan cara yang lebih baik dalam proses embedding data dalam jumlah besar menjadi *cover-image* dengan imperceptions, tapi juga memberikan cara mudah untuk memberkan kerahasiaan data.

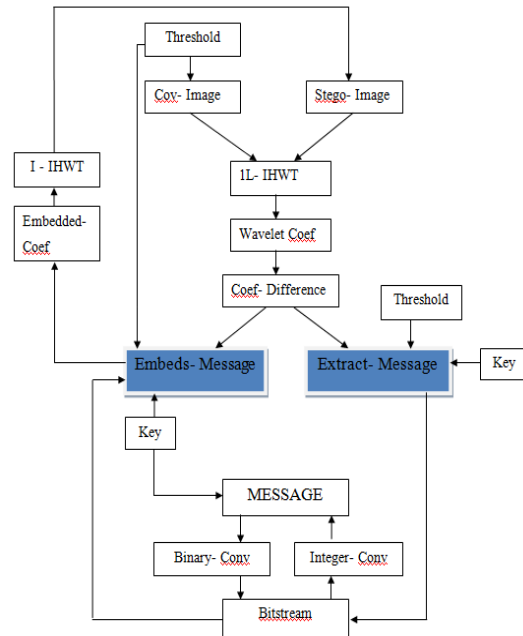


Gambar 2 Sebuah Ilustrasi dari Perhitungan Coefficient Difference

6. METODE YANG DI USULKAN

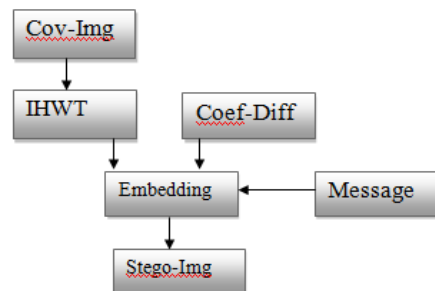
Pre-processing yang dilakukan saat embedding dan extraction process yaitu

menentukan nilai Threshold (nilai ambang batas) terlebih dahulu. Penentuan nilai threshold ini bertujuan untuk mencegah nilai- nilai pixel keluar dari kisaran (0-255) serta digunakan untuk menentukan jumlah nilai (s) pada embedded bit (s) di dalam setiap koefisien yang berdekatan.



Gambar 3 Embedding and Extraction Process

A. EMBEDDING PROCESS



Gambar 4 Embedding

Langkah- langkah dari proses embedding di atas adalah sebagai berikut:

- Menentukan nilai Threshold atau ambang batas (T) yang akan digunakan untuk:
 - a. Mencegah nilai piksel keluar dari kisaran [0- 255] setelah dilakukan proses embedding.
 - b.
$$p(x,y) = \begin{cases} aT & \text{if } p(x,y) < aT \\ 255 - aT, & \text{if } p(x,y) > 255 - aT \end{cases}$$

Nilai bobot integer adalah p (x, y), dimana x merupakan nilai piksel

dari baris dan y kolom dan α adalah weight (bobot), α merupakan nilai integer terkecil untuk menghindari nilai berada diluar rentang (0 - 255) setelah proses embedding. T merupakan nilai ambang batas dengan nilai maksimum image 8-bit.

- c. Menentukan range atau rentang kelompok (r).

$$r = 2^T$$

- Lakukan *Integer Haar Wavelet Transform* (IHWT) pada *cover-image* untuk menguraikan menjadi empat bagian koefisien wavelet: LL, HL, LH, dan HH.
- Konversikan pesan rahasia ke dalam urutan nilai-nilai 8-bit sebagai bit aliran pesan.
- Tentukan kunci rahasia secara acak yang digunakan untuk:
 - a. Menentukan bilangan unsigned 8-bit (uint8) pada metode enkripsi untuk mengenkripsi pesan menggunakan XOR.
 - b. Menghasilkan permutasi pseudorandom untuk memperoleh lokasi penyisipan atau embedding.
- Tentukan nilai perbedaan (D) di antara dua blok koefisien yang berdekatan ():

$$D = I_{(x)} - I_{(x+1)}$$

dimana, D merupakan nilai perbedaan antara $I_{(x)}$ dan $I_{(x+1)}$ sebagai dua koefisien yang berdekatan pada blok x.

- Sembunyikan bit (s) dari pesan sesuai dengan koefisien wavelet:
 - a. Menentukan perbedaan nilai mutlak pada kelompok (k), sehingga:

$$I_{(x)} \leq |D| < I_{(x+1)}$$

- b. Ambil jumlah bit (s) pada aliran bit dari pesan menurut M.

- c. Dapatkan nilai desimal dari bit (s) yang disisipkan pada bit (s).
- d. Jumlahkan nilai batas bawah dan nilai desimal dari bit (s) untuk mendapatkan nilai perbedaan yang baru (D').

$$D' = M + L_{\text{ow_Range}}$$

ket: D' merupakan perbedaan nilai baru setelah proses embedding, dan M merupakan nilai decimal yang tertanam pada bit (s).

- e. Menyesuaikan kembali dua koefisien yang berdekatan untuk diterapkan pada D' dan mendapatkan nilai koefisien yang baru.

Tetapkan f sebagai fungsi embedding untuk diberikan dua koefisien tetangga (I_x, I_{x+1})

$$f(I_x, I_{x+1}) = \begin{cases} I_x - \frac{s}{2}, I_{x+1} + \frac{s}{2}, & s = \text{genap} \\ I_x - \lfloor \frac{s}{2} \rfloor, I_{x+1} + \lceil \frac{s}{2} \rceil, & s = \text{ganjil} \end{cases}$$

Ket: I_x dan I_{x+1} adalah dua koefisien yang berdekatan, S adalah $|D| - |D'|$, $\lfloor \cdot \rfloor$ merupakan operator pembulatan kebawah dan $\lceil \cdot \rceil$ operator pembulatan ke atas, sehingga:

$$S = |D| - |D'|$$

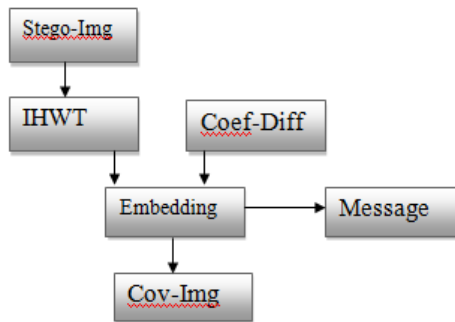
$$I'(x) = I(x) - \lfloor \frac{S}{2} \rfloor$$

$$I'(x+1) = I_{x+1} + \lceil \frac{S}{2} \rceil$$

- Setelah melakukan penyisipan dan semua pesan telah tertanam atau telah mencapai kapasitas maksimum, untuk mendapatkan *Stego-Image* lakukan Inverse IHWT pada subbands.

B. EXTRACTION PROCESS

Ini merupakan proses pengembalian informasi yang telah disisipkan pada Cover-Image setelah dilakukan embedding process.



Gambar 5 Extraction

Langkah- langkah proses ekstraksi adalah sebagai berikut:

- Lakukan IHWWT pada *Stego-Image* untuk di uraikan menjadi empat sub-band wavelet koefisien yaitu: LL, HL, LH, dan HH.
- Gunakan kembali nilai ambang yang telah di tetapkan pada proses embedding untuk menentukan batas terendah dan rentang dari kelompok *Coefficient Difference*.
- Tentukan lokasi penyisipan menggunakan kunci rahasia pada setiap sub-band.
- Tentukan nilai perbedaan mutlak antara dua koefisien yang saling berdekatan pada koefisien penyisipan.

$$D' = I'_{(x)} - I'_{(x+1)}$$

- Menetapkan nilai perbedaan mutlak kelompok (k), jadi:

$$l_k \leq |D'| < l_{k+1}$$

- Kurangi nilai perbedaan mutlak dengan nilai batas terendah, untuk memperoleh nilai decimal yang tertanam dalam bit (s).

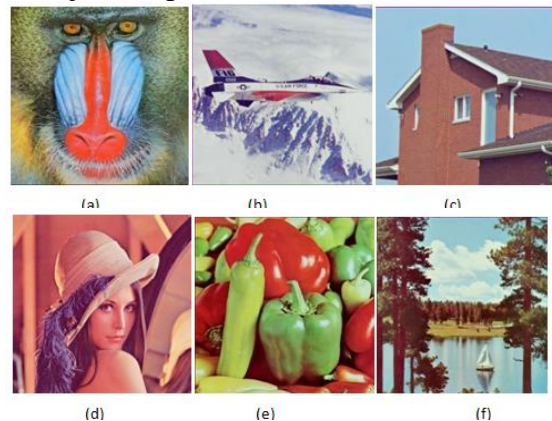
$$M = D' - l_{\text{low_range}}$$

- Konversikan nilai yang tertanam ke dalam bentuk string biner untuk mendapatkan bagian aliran bit pada pesan.
- Temukan lokasi penyisipan berikutnya dengan kunci yang telah ditentukan.

- Lakukan perulangan pada langkah 4 – 8 hingga seluruh aliran bit dari pesan yang disisipkan telah terekstraksi secara sempurna.
- Konversikan semua aliran bit ke dalam nilai integer 8- bit untuk memperoleh pesan yang disisipkan.
- Diskripsikan pesan dengan menggunakan kunci yang telah ditetapkan untuk memperoleh pesan asli.

7. HASIL PENELITIAN

Enam gambar warna standar dengan ukuran 512x512 pixel telah terpilih sebagai gambar sampul untuk memeriksa efektivitas teknik yang diusulkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 Sementara logo warna UDINUS kecil dengan ukuran 128x128 pixel digunakan sebagai pesan rahasia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Cover-Image



Gambar 6 Message

A. Pengukuran Kualitas Citra

Untuk mengukur kualitas citra menggunakan SSIM dan PSNR.

B. Penentuan Threshold (Ambang Batas)

Penentuan nilai Threshold bertujuan untuk mencegah nilai – nilai piksel keluar dari kisaran (0 -

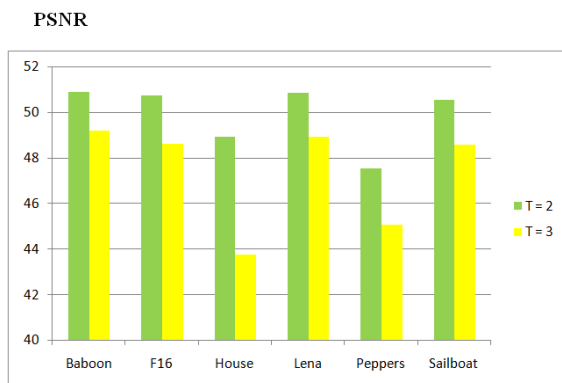
255) serta digunakan untuk menentukan jumlah nilai (s) pada penyisipan bit (s) di dalam setiap koefisien yang berdekatan. Threshold merupakan nilai ambang batas dengan nilai maksimum image 8-bit.

C. Stego-Image

Frekuensi sinyal gambar menengah dan tinggi membawa imperceptibility tinggi. Pesan tersebut sebaiknya disisipkan ke dalam koefisien menengah dan tinggi pada cover-image yaitu HL, LH dan HH. HH merupakan imperceptibility subband tertinggi. maka, urutan subbands untuk penyisipan pesan adalah HH, LH serta HH.

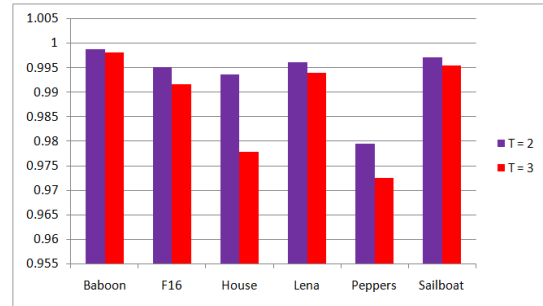
Tabel 1. Kualitas dari Stego-Image

Stego Image	PSNR		SSIM	
	T = 2	T = 3	T = 2	T = 3
Baboon	50.8986	49.1897	0.9987	0.9980
F16	50.7334	48.5969	0.9951	0.9916
House	48.9057	43.7605	0.9935	0.9777
Lena	50.8251	48.9045	0.9961	0.9938
Peppers	47.5191	45.0387	0.9794	0.9725
Sailboat	50.5515	48.5585	0.9971	0.9953



Gambar 8 Kualitas dari Stego-Image

SSIM



Gambar 9 Kualitas dari Stego-Image SSIM

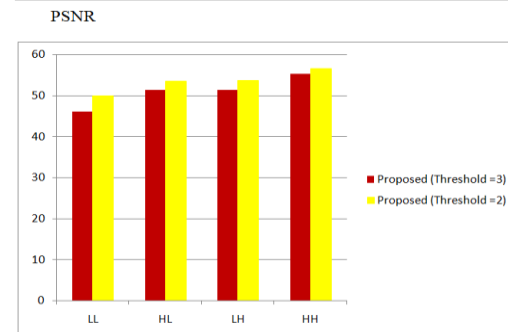
Table 1 dan Gamb.8 dan Gamb.9 menunjukkan bahwa stego-image dengan threshold 2 memiliki kualitas gambar yang lebih baik di banding dengan stego-image dengan threshold 3.

D. Imperceptibility

Dalam tes perbandingan ini, 2.000 karakter teks yang tertanam dalam setiap sub band gambar grayscale. Seperti diberikan sebelumnya, kualitas gambar yang di ukur dengan menggunakan PSNR. Kali ini, ukuran pesan dinyatakan dalam “byte” karena karakter pesan dating dalam bytes.

Tabel 2. Perbandingan Imperceptibility

Subband	PSNR	
	Proposed (Threshold =3)	Proposed (Threshold =2)
LL	46.1056	50.0265
HL	51.2563	53.5647
LH	51.2998	53.6375
HH	55.1575	56.6629



Gambar 8 Perbandingan Imperceptibility

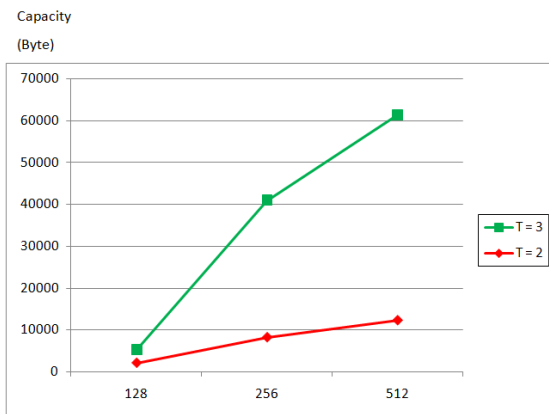
Tabel 2 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa metode yang di teliti dengan nilai threshold 2 memiliki kapasitas

imperceptibility yang lebih baik dibanding dengan menggunakan nilai threshold 3.

E. Kapasitas Maksimum

Tabel 3. Perbandingan Imperceptibility

Ukuran Gambar	Proposed (Threshold =2)	Proposed (Threshold =3)
128x128	2048	3072
256x256	8192	12288
512x512	32768	49152



Gambar 9 Kapasitas maksimum

Tabel 3 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa metode yang di teliti dengan threshold dari 3 mampu mengungguli dan memiliki hasil yang jauh lebih baik disbanding dengan nilai threshold 2 dalam hal kapasitas maksimum deri pesan rahasia yang ditanam pada Cover-Image.

8. KESIMPULAN

- Penggabungan algoritma Coefficient Difference dan IHWT dapat digunakan untuk merahasiakan pesan berupa citra digital kedalam Cover- Image dengan baik.
- Memiliki kualitas stego-image yang dihasilkan cukup tinggi dengan nilai rata- rata PSNR 49.9055dB pada threshold 2 dan 47.3415dB pada threshold 3.
- Antara Cover-Image dan Stego-Image memiliki tingkat kemiripan yang

sangat bagus dengan nilai SSIM rata-rata 0.9933 pada threshold 2 dan 0.98815 pada nilai threshold 3.

- Nilai ambang 2 memberikan kualitas gambar yang lebih baik, sedangkan nilai ambang 3 menyediakan kapasitas yang lebih besar di dibandingkan dengan nilai batas ambang 2.

9. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.-F. Lee, H.-L. Chen, and H.-K. Tso, "Embedding Capacity Raising in Reversible Data Hiding Based on Prediction of Difference Expansion," *J. Syst. Softw.*, vol. 83, no. 10, pp. 1864–1872, Oct. 2010.
- [2] Azam Abu, Nur, Wahyu Adi, Prajanto, and Mohd, Othman, "Robust Digital Image Steganography within Coefficient Difference on Integer Haar Wavelet Transform", *IJVIPNS-IJENS* Vol:14 No:02, Apr. 2014.
- [3] J. Xu, A. H. Sung, P. Shi, and Q. Liu, "JPEG Compression Immune Steganography Using Wavelet Transform," in *International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC), Volume: 2*, 2004, pp. 704–708.
- [4] J. K. Mandal dan Debashis Das, "Steganography using Adaptive Pixel Value Differencing (APVD) of Gray Image Through Exclusion of Overflow/ Underflow". 2012.
- [5] S. N. Mali, P. M. Patil, and R. M. Jalnekar, "Robust and Secured Image-Adaptive Data Hiding," *Digit. Signal Process.*, vol. 22, no. 2, pp. 314–323, Mar. 2012.
- [6] H. Luo, F.-X. Yu, H. Chen, Z.-L. Huang, H. Li, and P.-H. Wang, "Reversible Data Hiding Based on Block Median Preservation," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 181, no. 2, pp. 308–328, Jan. 2011.
- [7] S. Bhattacharyya and G. Sanyal, "Data Hiding in Images in Discrete Wavelet Domain Using PMM," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 44, pp. 597–605, 2010.
- [8] N. A. Abu, F. Ernawan, N. Suryana, and S. Sahib, "Image Watermarking Using Psychovisual Threshold Over the Edge," in *Proceedings of the 2013 International Conference on Information and Communication Technology (ICT-EurAsia 2013)*, 2013, pp. 519–527.
- [9] D. Wu and W. Tsai, "A Steganographic Method for Images by Pixel-Value Differencing," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 24, no. 9–10, pp. 1613–1626, 2003.

- [10] A. A. Shejul and U. L. Kulkarni, "A DWT Based Approach for Steganography Using Biometrics," in *International Conference on Data Storage and Data Engineering*, 2010, pp. 39–43.
- [11] C.-H. Yang, C.-Y. Weng, H.-K. Tso, and S.-J. Wang, "A Data Hiding Scheme Using the Varieties of Pixel-Value Differencing in Multimedia Images," *J. Syst. Softw.*, vol. 84, no. 4, pp. 669–678, Apr. 2011.
- [12] S. Bhattacharyya, "A Survey of Steganography and Steganalysis Technique in Image, Text, Audio and Video as Cover Carrier," *J. Glob. Res. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 1 – 16, 2011.
- [13] N. A. Abu, F. Ernawan, and S. Sahib, "Psychovisual Model on Discrete Orthonormal Transform," in *International Conference on Mathematical Sciences and Statistics 2013 (IICMSS2013)*, 2013, vol. 309, pp. 309–314.
- [14] R. O. El Safy, H. H. Zayed, and A. El Dessouki, "An Adaptive Steganographic Technique Based on Integer Wavelet Transform," in *International Conference on Networking and Media Convergence (ICNM)*, 2009, pp. 111–117.
- [15] S. Hemalatha, A. Renuka, U. Dinesh Acharya, and P. R. Kamath, "A Secure Image Steganography Technique Using Integer Wavelet Transform," in *World Congress on Information and Communication Technologies*, 2012, pp. 755–758.
- [16] P. Tsai, Y.-C. Hu, and H.-L. Yeh, "Reversible Image Hiding Scheme Using Predictive Coding and Histogram Shifting," *Signal Processing*, vol. 89, no. 6, pp. 1129–1143, Jun. 2009.