

PROTEKSI CITRA DIGITAL DENGAN METODE ADAPTIVE VISIBLE WATERMARKING

Fredy Windana
DOSEN TETAP STT STIKMA Internasional
Jl. Raden Panji Suroso 91A Malang
Email : frd_dna@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan perlindungan distribusi citra digital dengan cara digital watermarking yaitu memberi tanda kepemilikan pada citra digital yang akan didistribusikan. Salah satu kategori watermarking yaitu visible watermarking merupakan metode watermarking citra bersifat visible baik itu diolah pada ruang spasial maupun frekuensi. Metode dari Saraju P. Mohanty yaitu adaptive visible watermarking yang memanfaatkan analisa sensitifitas dari sistem penglihatan manusia (human visual system) untuk melekatkan citra watermark ke host image. Metode ini menggunakan ruang frekuensi berbasis DCT. Hasil simulasinya tidak berefek pada kualitas citra asli sehingga citra hasil watermarking mempunyai citra watermark yang tidak merusak citra aslinya. Dalam penelitian ini dilakukan implementasi metode adaptive visible watermarking yaitu membuat aplikasinya dengan memodifikasi pada posisi pelekatnya.

Kata kunci : DCT, Visible Watermarking, Citra Digital

1. PENDAHULUAN

Digital watermarking adalah salah satu cara untuk menandai kepemilikan dari data digital. Secara persepsi mata manusia watermarking ada dua yaitu, *visible watermarking* dan *invisible watermarking*. *Visible watermarking* dapat terlihat jelas oleh mata. Sedangkan *Invisible watermarking* merupakan manifestasi dari *steganography* untuk melekatkan obyek watermark yang mana secara visual tidak terlihat tetapi dapat diekstrak oleh program.

Salah satu proses untuk mendapatkan kualitas optimal citra digital hasil watermarking yaitu dengan cara mengeksploitasi sistem penglihatan manusia yang dibentuk ke model matematikanya untuk melekatkan citra watermark ke citra utama.

Pada *visible watermarking* citra watermark dilekatkan pada posisi yang diinginkan. Sehingga, seseorang yang membuka data digital yang sudah dilekatkan *visible watermark* akan langsung mengetahui pemilik data tersebut yang diharapkan memakai data tersebut secara bijaksana.

Berdasarkan hasil penelitian ini nantinya dapat dirancang sebuah perangkat lunak yang mengimplementasikan Metode dari Saraju P. Mohanty yaitu *adaptive visible watermarking* dengan memodifikasi pada posisi pelekatnya

2. CITRA DIGITAL

Sebuah citra didefinisikan dalam fungsi dua dimensi $f(x,y)$. Dimana x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo dari f pada pasangan koordinat (x,y) yang disebut intensitas atau *gray level* dari citra pada titik itu. Sebuah citra digital adalah citra $f(x,y)$ yang telah diskrit pada koordinat spasial dan *brightness*. Suatu citra

digital merupakan suatu citra yang dapat diaproksimasikan dalam dua cara, menurut digitisasi spasial, dan digitisasi amplitudo.

Digitisasi spasial terkadang diacu sebagai pencuplikan citra yang mencakup dengan representasi fungsi citra kontinu yang asli sebagai suatu larik sample – sampel tertentu pada titik diskrit di dalam bingkai acuan dua dimensi. Citra yang telah didigitkan secara spasial tersebut terdiri dari $N \times N$ sampel yang terdistribusi secara sama. Tiap titik diskrit pada larik tersebut diidentifikasi sebagai elemen citra atau *pixel*.

Digitisasi amplitudo adalah setiap piksel pada larik tersebut mempunyai nilai intensitas yang bersesuaian terhadap sebuah nilai tetap dari tingkat terkuantisasi. Tingkat intensitas sebuah citra diukur oleh tingkat keabuan dan secara keseluruhan rentang tingkatan intensitas diacu sebagai skala keabuan. Proses kuantisasi citra $N \times M$ membutuhkan penentuan cacah *gray level* (G) yang diijinkan untuk tiap piksel.

Jika b menyatakan jumlah bit data citra yang disimpan dalam *storage*, maka besarnya b dapat ditentukan,

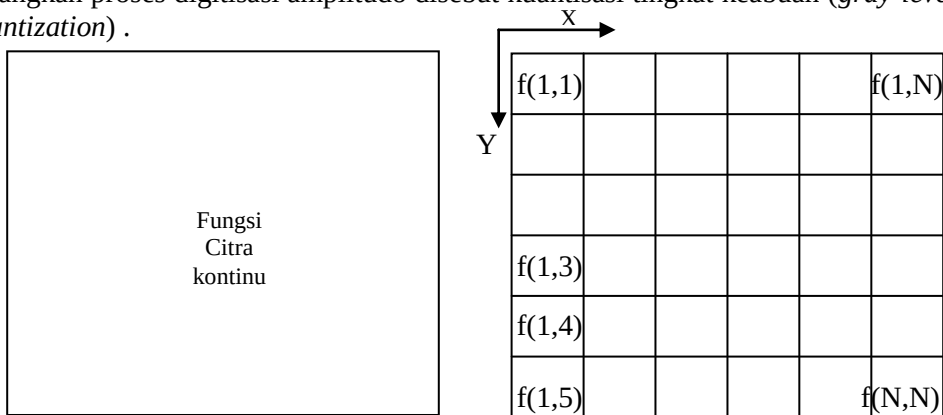
$$N = 2^n, M = 2^k, G = 2^m$$

$$b = N \times M \times m$$

untuk $M = N$, maka : $b = N^2 \cdot m$

misalkan, citra dengan resolusi 128×128 dan tingkat keabuan sebanyak 64 memerlukan 98,304 bit di *storage*.

Jadi suatu citra digital mengalami perubahan meliputi digitisasi ruang dan amplitudo. Proses digitisasi dari koordinat spasial (x,y) disebut *image sampling*, sedangkan proses digitisasi amplitudo disebut kuantisasi tingkat keabuan (*gray-level quantization*) .



Gambar 1. Definisi Sebuah kisi acuan piksel pada digitisasi citra
Sumber: Visi Komputer untuk Sistem Robotik Sebuah Pengantar (20;1995)

3. DISCRETE COSINE TRANSFORM

3.1 TRANSFORMASI DCT

Discrete Cosine Transform atau DCT merupakan salah satu teknik transformasi yang mengubah suatu sinyal menjadi unsur komponen frekuensi. Seperti transformasi lainnya, DCT mencoba untuk dekorelasi data citra. Setelah dekorelasi masing–masing koefisien transformasi dapat dikodekan secara bebas tanpa kehilangan efisiensi pemampatan.

3.1.1 DCT Satu Dimensi

Definisi dari DCT satu dimensi dari panjang N adalah

$$C(u) = \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[\frac{\pi (x+1/2)u}{2N} \right] \dots \dots \dots (1)$$

untuk $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Dengan cara yang sama, inversnya didefinisikan yaitu

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} \alpha(u) C(u) \cos \left[\frac{\pi (x+1/2)u}{2N} \right] \dots \dots \dots (2)$$

untuk $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Pada rumus kedua-duanya $\alpha(u)$ didefinisikan yaitu

$$\alpha(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{untuk } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{untuk } u \neq 0 \end{cases} \dots \dots \dots (3)$$

koefisien pertama transformasi adalah frekuensi rendah dari rangkaian sampel. Nilai itu disebut koefisien DC. Semua koefisien lainnya disebut koefisien AC.

3.1.2 DCT DUA DIMENSI

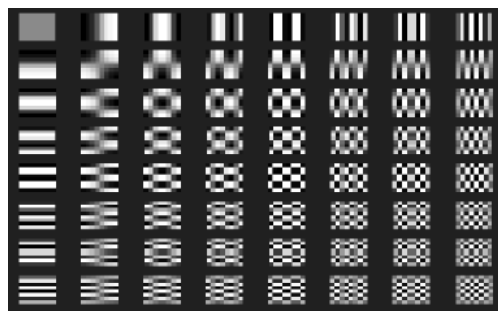
DCT dua dimensi adalah perluasan dari satu dimensi yaitu

$$C(u, v) = \alpha(u) \alpha(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[\frac{\pi (x+1/2)u}{2N} \right] \cos \left[\frac{\pi (y+1/2)v}{2N} \right] \dots (4)$$

untuk $u, v = 0, 1, 2, \dots, N-1$ dan $\alpha(u)$, $\alpha(v)$ didefinisikan di rumus (3). Invers transformnya yaitu sebagai berikut

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u) \alpha(v) C(u, v) \cos \left[\frac{\pi (x+1/2)u}{2N} \right] \cos \left[\frac{\pi (y+1/2)v}{2N} \right] \dots \dots \dots (5)$$

untuk $x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Basis Fungsi dua dimensi dapat dibangkitkan oleh perkalian secara horizontal dengan verticalnya pada fungsi satu dimensi.



Gambar 2. Basis Fungsi DCT dua dimensi ($N=8$). Warna *gray* netral merepresentasikan nol, putih merepresentasikan amplitudo positif dan hitam merepresentasikan amplitudo negatif.

4. SEGMENTASI

Pada umumnya langkah pertama dalam analisa citra adalah pembagian citra. Segmentasi citra menjadi bagian unsur pokoknya atau obyek. Tingkat pembagian ini tergantung pada masalah apa yang akan dipecahkan. Segmentasi berhenti ketika obyek yang dikehendaki pada sebuah aplikasi telah diisolasi.

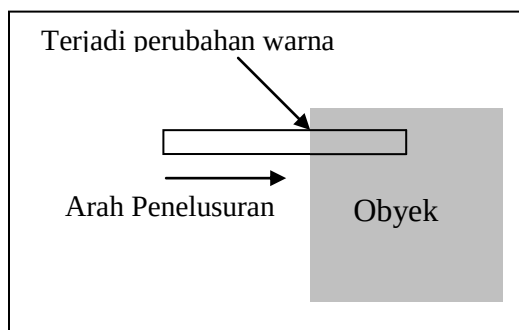
Otomatisasi segmentasi adalah salah satu bagian operasi citra yang sulit. Langkah proses ini menentukan pada akhirnya berhasil atau tidaknya analisa citra. Sebenarnya segmentasi yang efektif jarang gagal menjadi solusi yang sukses. Adanya alasan tersebut, banyak yang mempertimbangkan untuk meningkatkan probabilitas dari proses segmentasi .

Algoritma segmentasi untuk citra *monochrome* umumnya berdasarkan salah satu dari dua sifat dasar nilai *gray level* yaitu, *discontinuity* dan *similarity*. Kategori pertama, diperuntukkan membagi citra berdasarkan perubahan mendadak dalam *gray level*. Secara prinsip area yang dikehendaki dalam kategori ini adalah pendeteksian dari isolasi deteksi titik, garis dan tepi pada suatu citra. Kategori kedua berdasarkan pada *thresholding*, *region growing*, dan *region splitting and merging*. Konsep dari segmentasi sebuah citra dapat dipergunakan pada citra statis maupun dinamis.

5. DETEKSI TEPI

Sebuah tepi adalah batas antara dua bagian dengan jarak relative *gray level*-nya. Tepi biasanya terdapat pada batas antara dua daerah berbeda pada suatu citra. Tepi dapat diorientasikan dengan suatu arah, dan arah ini berbeda-beda bergantung pada perubahan intensitas.

Adapun dasar dari teknik deteksi tepi ialah dengan penelusuran gambar secara vertical dan horizontal untuk melihat apakah terjadi perubahan warna mendadak yang melebihi suatu nilai (sensitifitas) antara dua titik yang berdekatan. Jika ya, maka ditempat antara kedua titik tersebut dianggap pinggiran sebuah benda.



Gambar 3. Teknik penelusuran citra

Salah satu jenis operator gradien pertama yaitu operator sobel yang digunakan untuk deteksi tepi. Operator sobel menerapkan dua *mask* atau jendela penelusuran yaitu, mask yang pertama digunakan untuk menghitung selisih antara titik pada sisi vertikal dan mask yang kedua digunakan untuk menghitung selisih antara titik pada sisi horizontal.

6. DIGITAL WATERMARKING

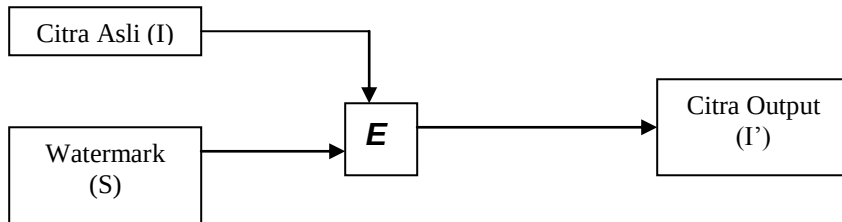
Digital Watermarking adalah proses melekatkan data yang disebut *watermark* atau tanda digital atau tag atau label kedalam sebuah obyek multimedia. *Watermark* dapat dideteksi atau diekstraksi kemudian untuk membuat sebuah penegasan terhadap suatu obyek. Dalam hal ini obyek yang digunakan dapat berupa citra, suara, atau video.

Pada umumnya skema (algoritma) *watermarking* apapun terdiri dari tiga bagian :

- *Watermark* (mengenai obyek yang akan dilekatkan)

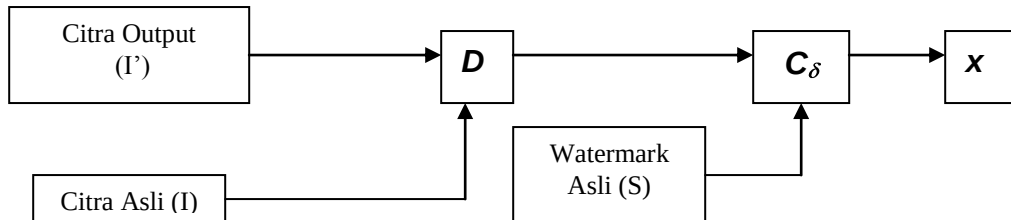
- *Encoder* (mengenai algoritma penyisipan)
- *Decoder* dan *comparator* (mengenai algoritma verifikasi atau ekstraksi atau deteksi)

Watermark adalah obyek yang akan dilekatkan. *Encoder* adalah algoritma yang diperlukan untuk melekatkan citra *watermark* ke citra asli atau citra yang akan ditandai.



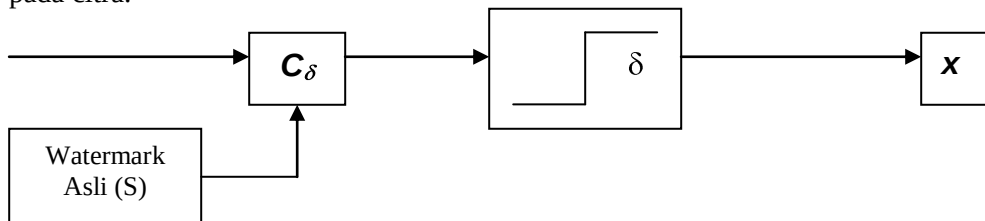
Gambar 4. ilustrasi proses *encoder*

Ekstraksi atau pendeteksian adalah mendapatkan kembali citra *watermark* yang telah dilekatkan sebelumnya dengan menggunakan *decoder*.



Gambar 5. proses *decoder*

Sedangkan komparator digunakan untuk mendeteksi *watermarking* yang terdapat pada citra.



Gambar 6. Komparator

6.1 KLASIFIKASI DIGITAL WATERMARKING

Watermark dan teknik *watermarking* dapat dibagi ke dalam beberapa kategori pada bermacam-macam cara. Berikut ini tabel klasifikasinya.

Tabel 1. Klasifikasi *watermark* dan teknik *watermarking*

Klasifikasi	Isi
Kategori media yang disisipi	Teks Citra Audio Video
Kategori Penampakan dari <i>watermark</i>	Visible Invisible

Kategori ketahanan dari <i>watermark</i>		Robust Semi-Fragile Fragile	
Kategori tipe penyisipan <i>watermark</i>		Noise Informasi Tagging Citra	
Kategori Metode Penyisipan	Domain spasial	LSB Image Checksum Patchwork Random function	
	Domain frekuensi	Look-up table	
		Spread spectrum	DCT DWT DFT
	Domain kompresi	MPEG1 MPEG2 MPEG3 JPEG2000	
	Hybrid	Visual-audio Different watermarks Different watermark schema	
Kategori Keperluan data untuk ekstraksi		Private Semi-private Public	

6.2 METODE ADAPTIVE VISIBLE WATERMARKING

Salah satu yang diusulkan oleh Saraju P. Mohanty dalam bidang *watermarking* adalah *Adaptive Visible Watermaking for Image in Domain DCT*.

Adapun karakteristik dasar *visible watermarking*, yaitu

1. *Watermark visible* harus jelas nyata pada citra warna maupun *monochrome*.
2. *Watermark* harus disebar luas atau daerah yang penting dari citra agar mencegah penghapusan dengan cara pemotongan.
3. Sebaiknya *watermark* penampakkannya tidak harus mengaburkan detil citra sesungguhnya.
4. *Watermark* harus sulit dipindahkan; pemindahan *watermark* akan membutuhkan biaya dan waktu yang intensif daripada membeli citra dari pemilik.
5. Sebaiknya *watermark* dipakai secara otomatis dengan sedikit kerja dan campur tangan manusia.

Langkah penyisipan metode Saraju P. Mohanty disusun sebagai berikut.

- 1) Citra asli I (citra yang akan disisipi) dan citra *watermark* W dibagi ke dalam blok berukuran 8×8 (kedua citra mungkin berukuran sama) .
- 2) Masing-masing blok dari citra asli I dihitung μ_n mean gray-nya
- 3) Citra asli dilakukan perhitungan DCTnya
- 4) Citra watermark dilakukan perhitungan DCTnya
- 5) Dari koefisien AC DCT citra asli dihitung σ_n variance-nya
- 6) Block mean μ_n diskalakan antara 0,1 sampai 1,0
- 7) Natural logaritma dari variance σ_n diskalakan antara 0,1 sampai 1,0
- 8) Mean μ citra asli dihitung yang mana adalah *mean* dari *block mean* μ_n

9) Dinotasikan I_n adalah *block* DCT dari citra asli I dan W_n adalah *block* DCT dari citra *watermark* W . Dinotasikan *block* hasil penyisipan I_n' . Berikut perhitungan I_n' . $I_n' = \alpha_n * I_n + \beta_n * W_n$. Dimana α_n dan β_n adalah faktor *scaling* dan *embedding* secara berurutan untuk masing-masing blok dihitung sebagai mana yang dideskripsikan.

10) Jika diperlukan α_n dan β_n diklasifikasikan dan ditambahkan bilangan acak Gaussian.

11) Hasil IDCT I_n' dihitung menghasilkan citra yang telah disisipi I'

Untuk $\alpha_n, \beta_n, \mu_n, \sigma_n$, dan μ dihitung menurut rumus berikut ini.

Dinotasikan n adalah blok ke $n = 1, 2, 3, \dots, N$. N adalah jumlah total *block* 8×8 .

- Normalisasi nilai *mean gray* untuk *block* n adalah

$$\mu_n = C_{00} / C_{00 \max}$$

dimana $C_{00 \max}$ adalah maksimum nilai dari C_{00}

- Normalisasi nilai *mean gray* untuk citra I adalah

$$\mu = 1/N \sum_{n=1}^N C_{00}(n)$$

- *Variance* dari koefisien AC DCT (σ_n) dari blok n adalah

$$\sigma_n = 1/64 \sum_i \sum_j (C_{ij} - \mu_n^{AC})^2$$

dimana μ_n^{AC} adalah *mean* dari koefisien AC DCT. Normalisasi *variance* dari koefisien AC DCT dari blok n adalah

$$\sigma_n' = \sigma_n^* / \sigma_{\max}^*$$

dimana σ_n^* adalah natural logaritma dari σ_n dan $\sigma_{\max}^*$ adalah maksimum dari nilai σ_n^* .

- Untuk α_n dan β_n dihitung berdasarkan berikut ini

$$\alpha_n = \begin{cases} \alpha_{\max} & \text{untuk } block \text{ tepi} \\ \alpha_{\min} + (\sigma_n' (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) / \sigma_{\max}') * \exp(-(\mu_n - \mu)^2 / 2) & \text{untuk } block \text{ lain} \end{cases}$$

$$\beta_n = \begin{cases} \beta_{\min} & \text{untuk } block \text{ tepi} \\ \beta_{\min} + (\sigma_{\min}' (\beta_{\max} - \beta_{\min}) / \sigma_n') * [1 - \exp(-(\mu_n - \mu)^2 / 2)] & \text{untuk } block \text{ lain} \end{cases}$$

dimana,

$\alpha_{\max}$ dan $\alpha_{\min}$ masing-masing adalah maksimum dan minimum *scaling factor*

$\beta_{\min}$ dan $\beta_{\max}$ masing-masing adalah minimum dan maksimum *embedding factor*

μ_n adalah normalisasi *mean* dari masing-masing blok

μ adalah normalisasi *mean* citra

σ_n' adalah normalisasi *variance* dari masing-masing blok DCT

$\sigma_{\min}'$ $\sigma_{\max}'$ masing-masing adalah minimum dan maksimum nilai *variance* blok DCT.

Metode ini digunakan jika data yang akan didistribusikan di Internet. Menurut hasil simulasi Saraju P. Mohanty nilai

$\alpha_{\max}$ dan $\alpha_{\min}$ yang digunakan adalah 0,98 dan 0,95

$\beta_{\min}$ dan $\beta_{\max}$ yang digunakan adalah 0,05 dan 0,17

7. HASIL PENGUJIAN

7.1 ANALISA HASIL WATERMARK

Percobaan dibedakan berdasarkan beberapa pengelompokan berikut ini.

1. Format *Pixel* dalam percobaan ini 8 bit *grayscale* atau 24 bit *color*
2. Ukuran citra asli 256x256 dan citra *watermark* 128x128, 256x256
3. Posisi Pelekatan
 - a. *Top Left Corner* = TLC
 - b. *Top Right Corner* = TRC
 - c. *Middle Center* = MC
 - d. *Bottom Left Corner* = BLC
 - e. *Bottom Right Corner* = BRC
4. Kekuatan *watermark* pada saat pelekatan. Dalam percobaan ini menggunakan rasio nilai otomatis yang dibuat berdasarkan acuan teori.
5. Uji SNR (*Signal to noise ratio*) untuk melihat nilai perbedaan antara citra asli dengan citra hasil. Rumus yang digunakan sebagai berikut.

$$SNR = 10 * \text{Log}_{10} \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_e} \right)$$

Dimana σ_i dan σ_e

σ_i adalah *variance input*

σ_e adalah selisih antara *variance input* dan *ouput*

7.2 CITRA ASLI *BITMAP* 8 BIT *GRAYSCALE*

Berikut adalah tabel hasil percobaan untuk citra asli dan citra *watermark* dengan format *pixel* 8 bit. Percobaan dengan citra *watermark* 8 bit 128x128 berupa logo STT STIKMA dan citra asli 8 bit 256x256 berupa citra lena

Tabel 2. Percobaan dengan Citra Asli 8 bit dan Citra *watermark* 8 bit

Posisi	Kekuatan <i>Watermark</i>	SNR (dB)
TLC	25	22,38
	50	20,90
	75	18,24
	100	17,94
BRC	25	20,17
	50	18,30
	75	15,55
	100	15,08
Full	25	21,28
	50	21,92
	75	23,02
	100	22,40
Rata-rata		19,77

7.2.1 CITRA ASLI *BITMAP* 24 BIT *COLOR*

Berikut adalah tabel hasil percobaan untuk citra asli dengan format *pixel* 24 bit dan citra *watermark* 8 bit. Percobaan dengan citra *watermark* 8 bit 128x128 berupa logo STT STIKMA dan citra asli 24 bit 256x256 berupa citra lena.

Tabel 3 Percobaan dengan Citra Asli 24 bit dan citra *watermark* 8 bit

Posisi	Kekuatan <i>Watermark</i>	SNR (dB)
TLC	25	32,25
	50	44,27
	75	24,22
	100	23,13
BRC	25	21,53
	50	21,25
	75	21,14
	100	21,55
Full	25	22,70
	50	22,37
	75	23,43
	100	25,13
Rata-rata		25,25

Percobaan menggunakan citra asli 8 bit grayscale dan citra *watermark* 8 bit *grayscale*, ada kecenderungan menurun untuk nilai SNR-nya berdasarkan citra *watermark* berukuran kurang dari citra asli. Namun, pada pelekatan dengan ukuran citra *watermark* sama dengan citra asli ada kecenderungan naik untuk nilai SNR-nya, nilai rata-ratanya untuk SNR-nya 19,77 dB.

Demikian juga dengan percobaan menggunakan citra asli 24 bit *color* dan citra *watermark* 8 bit *grayscale*, ada kecenderungan menurun untuk nilai SNR-nya berdasarkan citra *watermark* berukuran kurang dari citra asli. Namun, pada pelekatan dengan ukuran citra *watermark* sama dengan citra asli ada kecenderungan naik untuk nilai SNR-nya, nilai rata-ratanya untuk SNR-nya 25,25 dB.

Hasil SNR dipengaruhi oleh tekstur pada citra yang akan dilekatkan. Tetapi pemilihan hasil *watermarking* yang optimal mata manusia lebih berperan dengan melihat perbedaan. Perbedaan tersebut mempengaruhi untuk memilih mana citra yang bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Balza, Achmad, dan Firdausy, Kartika. 2005. **Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi**. Yogyakarta : Ardi Publishing.
- Fairhurst, Michael C. 1995. **Visi Komputer Untuk Sistem Robotik Sebuah Pengantar**. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E. 1993. **Digital Image Processing**. New York : Addison-Wesley Publishing Company.
- Nalwan, Agustinus. 1997. **Pengolahan Gambar Secara Digital**. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- Martina, Inge. 2000. 36 **Jam Belajar Komputer Delphi 5.0**. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- Mohanty, Saraju P. 1999. **Thesis : Watermarking of Digital Images**. Bangalore : Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Science.
- Munir, Renaldi. 2004. **Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik**. Bandung : Informatika.

www.telfor.org.yu/radovi/OS-7-1.pdf

www.tsi.enst.fr/~maitre/tatouage/icassp97/ic972985.pdf

www.egr.msu.edu/waves/people/Ali_files/DCT_TR802.pdf