

# ALGORITMA *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* (DWT) DAN *ABSOLUTE MOMENT BLOCK TRUNCATION CODING* (AMBTC) PADA SISTEM WATERMARKING UNTUK DETEKSI DAN *RECOVERY* CITRA MEDIS TERMODIFIKASI

Dwi Yanita Apriliyana<sup>1</sup>, Adiwijaya<sup>2</sup>, Danang Triantoro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>[dyapriyana@gmail.com](mailto:dyapriyana@gmail.com), <sup>2</sup>[kang.adiwijaya@gmail.com](mailto:kang.adiwijaya@gmail.com), <sup>3</sup>[dto.lecturer@gmail.com](mailto:dto.lecturer@gmail.com)

## Abstrak

Teknologi yang semakin maju memudahkan manusia dalam melakukan pertukaran data digital berupa *text*, *video*, dan *image* (citra). Semakin mudahnya seseorang melakukan pertukaran data, maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya modifikasi pada data tersebut. Salah satu bentuk data yang rentan terhadap modifikasi yaitu citra medis. Citra medis memberikan informasi tentang kondisi organ-organ tubuh manusia yang apabila terjadi modifikasi didalamnya akan menghilangkan keaslian dari citra tersebut.

Teknik *watermarking* memberikan solusi untuk membuktikan keaslian dari citra digital. Dengan proses penyisipan *watermark* yang berupa ciri penting dari suatu citra, teknik *watermarking* dapat mendeteksi suatu citra yang termodifikasi kemudian memperbaiki citra tersebut. *Fragile watermarking* merupakan jenis *watermarking* untuk membuktikan keaslian suatu citra, dengan jenis *watermarking* tersebut sistem yang dibuat akan mendeteksi serangan yang diberikan kepada suatu citra.

Metode kombinasi digunakan untuk dapat menghasilkan ekstraksi ciri dari suatu citra sehingga dapat dideteksi dan diperbaiki citra medis termodifikasi. *Absolute Moment Block Truncation Coding* (AMBTC) akan menghasilkan ciri penting dan hasil ekstraksinya, yang sebelumnya terlebih dahulu dilakukan transformasi dengan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT).

**Kata Kunci :** citra medis, *watermarking*, AMBTC, DWT

## Abstract

The advancement of technology makes digital data exchange like *text*, *video*, and *image* easier. As data exchange gets easier, the probability of data modification gets higher. One type of data that is vulnerable from data modification is medical image. Medical image contain information about human body organs, the originality of this image will lost if modified.

*Watermarking* technique give solution to proof the originality of digital image. With the insertion of watermark which is the important characteristic of the image, *watermarking* technique can detect modified image and repair the image. *Fragile watermarking* is one kind of *watermarking* to proof the originality of the image, with this *watermarking* technique system can detect kind of attack to the image.

Combined method will used to produce extract characteristic from image so that it can be detected and repaired. *Absolute Moment Block Truncation Coding* (AMBTC) will produce important characteristic and the extraction result of the image which transformed with *Discrete Wavelet Transform* (DWT) before.

**Keywords :** medical image, *watermarking*, AMBTC, DWT

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini, banyaknya pengguna data dalam bentuk digital menjadi hal yang mudah bagi manusia dalam melakukan pertukaran data melalui berbagai media. Teknologi yang semakin maju dalam melakukan pertukaran data menyebabkan data-data berupa *text*, *video*, citra (*image*) dapat

dengan mudah disebarluaskan dan dimodifikasi. Data-data termodifikasi akan kehilangan berbagai informasi penting untuk tujuan tertentu, data berupa *medical image* apabila termodifikasi atau mengalami proses *edit* dapat menghilangkan informasi yang terkandung dalam citra (*image*) tersebut. Hal tersebut dapat meresahkan masyarakat saat melakukan pertukaran data yang dianggap

rahasia. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi akan membuktikan apakah suatu citra telah mengalami modifikasi atau tidak.

Teknik *watermarking* dilakukan untuk melindungi citra medis. *Digital watermarking* adalah teknik penyisipan informasi tertentu dalam citra digital, informasi yang disisipkan disebut sebagai *watermark* [8]. *Watermark* juga digunakan dalam memperbaiki citra yang mengalami kerusakan akibat modifikasi, sehingga citra medis yang mengalami modifikasi dapat dideteksi dan diperbaiki bagian termodifikasinya seperti citra aslinya. *Watermarking* didasarkan pada ilmu steganografi, yaitu ilmu yang mengkaji tentang penyembunyian data [4].

Sistem yang dirancang dapat mendeteksi dan memperbaiki citra termodifikasi. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan tersebut adalah perpaduan metode *Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. *AMBTC* merupakan pengembangan dari metode *Block Truncation Coding (BTC)* [2]. Proses *AMBTC* menghasilkan suatu hasil yang akan disisipkan ke dalam suatu citra medis melalui transformasi wavelet, salah satu bentuk transformasi wavelet yaitu *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Pada citra medis asli, domain spasial akan berubah menjadi domain frekuensi dari citra baru lainnya. Pada fitur, pertama dilakukan proses encode dan kemudian disebar sehingga akan disembunyikan dalam domain frekuensi tersebut, terutama bagian dari frekuensi medium. Selanjutnya, *Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT)* dapat membantu dalam membangun *stego-image* yang dapat ditampilkan dengan domain spasial tersebut. Pada saat mendeteksi kemungkinan citra yang mengalami modifikasi kemudian ada bagian yang rusak, ekstrak fitur tersembunyi pada *stego-image* dan yang berada di daerah yang mengalami kerusakan dalam perhitungan yang sama. Apabila terdapat dua fitur yang tidak sama, kerusakannya akan diperlihatkan dan akan diperbaiki bagian yang mengalami kerusakan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Citra Medis Digital

Citra medis merupakan citra yang menggambarkan bagian dalam tubuh manusia. Citra medis dihasilkan dari beberapa macam peralatan imaging seperti *Computed Tomography (CT)*, *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*, *Ultrasound*, *X-Ray*, dan lain-lain. Citra medis tersebut saat ini disimpan dalam format digital pada berbagai media

penyimpanan seperti CD dan DVD. Citra medis dalam bentuk digital tersebut sangat mudah untuk dilakukan modifikasi dengan menggunakan berbagai *image processing tools* yang tersedia saat ini. Rumah sakit, pasien, atau pihak-pihak lain dapat melakukan modifikasi untuk berbagai alasan dan tujuan [11]. Selain itu, citra medis dalam format digital juga menungkingkan terjadinya perubahan informasi dalam proses pendistribusiannya. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan untuk perlindungan terhadap citra medis, pendeteksian keaslian, dan recovery terhadap informasi pada data citra medis tersebut.

### 2.2 Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC)

*Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC)*, merupakan sebuah metode kompresi citra yang bersifat *lossy*. Artinya, ketika sebuah citra dikompres menggunakan *AMBTC*, maka akan ada data yang hilang. *AMBTC* menggunakan teknik *block-based image coding* dan hanya memerlukan *memory* yang sedikit dan perhitungan yang sederhana.

Proses *AMBTC* adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama dari proses *BTC* adalah dengan membagi citra inputan ke dalam blok-blok kecil berbentuk persegi dengan ukuran  $n \times n$  *pixel* yang tidak saling *overlap*.
- Langkah kedua adalah mencari nilai rata-rata dan standar deviasi dari masing-masing blok yang berukuran  $n \times n$  *pixel*.
- Langkah ketiga adalah melakukan perubahan nilai *pixel* dalam tiap blok. Jika nilai *pixel* lebih kecil dari rata-rata, maka nilai *pixel* tersebut akan direpresentasikan dengan 0, dan jika nilai
- pixel* lebih besar dari rata-rata blok tersebut, maka nilai *pixel* direpresentasikan dengan 1.
- Langkah keempat adalah menentukan nilai pengganti untuk proses dekompresi. Untuk menentukan nilai pengganti, dapat menggunakan persamaan berikut []:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(i,j)}{n^2}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(i,j)^2}{n^2}} \quad (2)$$

*AMBTC* merupakan teknik pengembangan dari *BTC*. Yang menggunakan *absolute moment*. Setiap blok dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [3]:

$$-\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(i,j) \quad (3)$$

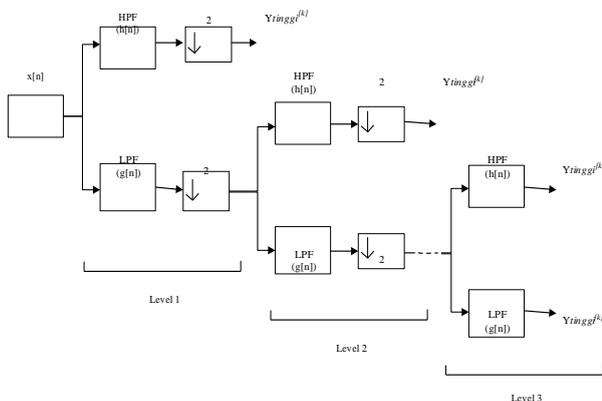
$$-\sum \tag{4}$$

Persamaan  $g1$  digunakan untuk merekonstruksi bit yang bernilai 0, yaitu nilai yang menggantikan nilai dari *reconstruction level a*. Sedangkan persamaan  $g2$  digunakan untuk merekonstruksi bit yang bernilai 1, yaitu nilai yang menggantikan nilai dari *reconstruction level b* [3].

**2.3 Discrete Wavelet Transform(DWT)**

Tranformasi *wavelet* diskrit atau *Discrete Wavelet Transform* (DWT) secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut. Komponen *subband* transformasi *wavelet* dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Dalam transformasi *wavelet* diskrit, penggambaran sebuah skala waktu sinyal digital didapatkan dengan menggunakan teknik filterisasi digital. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewati sinyal yang akan dianalisis pada *filter* dengan frekuensi dan skala yang berbeda [6]. DWT berfungsi sebagai salah satu kemampuan dalam pengolahan gambar, transformasi dimulai dari transformasi vertikal dan transformasi horizontal. Citra yang telah melakukan transformasi akan terbagi menjadi empat blok yang sama [7].

DWT selain menggunakan fungsi *wavelet*, juga menggunakan fungsi skala untuk penghalusan citra (*image smoothing*) [10]. Implementasi transformasi *wavelet* diskrit dapat dilakukan dengan cara melewati sinyal ke dalam dua filterisasi DWT yaitu *highpass filter* (HPF) dan *lowpass filter* (LPF), dimana HPF digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan LPF digunakan untuk menganalisis frekuensi rendah. Analisis terhadap frekuensi dilakukan dengan cara menggunakan resolusi yang dihasilkan setelah sinyal melewati filterisasi. Analisis frekuensi yang berbeda dengan menggunakan resolusi yang berbeda inilah yang disebut dengan *multi-resolution analysis* [6].



Gambar 2.1 Dekomposisi *Wavelet* Diskrit

$Y_{tinggi}^{[k]}$  dan  $Y_{rendah}^{[k]}$  yang merupakan highpass filter (HPF) dan lowpass filter (LPF),  $Y_{tinggi}^{[k]}$  disebut sebagai koefisien DWT.  $Y_{tinggi}^{[k]}$  merupakan detil dari informasi sinyal, sedangkan  $Y_{rendah}^{[k]}$  merupakan taksiran kasar dari fungsi penskalaan [6].

Proses dekomposisi ini dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat ditulis dengan ekspresi matematika berikut [6]:

$$Y_{tinggi}^{[k]} = \sum ( ) ( ) \tag{5}$$

$$Y_{rendah}^{[k]} = \sum ( ) ( ) \tag{6}$$

$Y_{tinggi}^{[k]}$  dan  $Y_{rendah}^{[k]}$  yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*,  $x[n]$  merupakan sinyal asal,  $h[n]$  adalah *highpass filter*, dan  $g[n]$  adalah *lowpass filter*. Untuk dekomposisi lebih dari satu tingkat, prosedur pada persamaan (5) dan (6) dapat digunakan pada masing-masing tingkatan [6].

Dengan menggunakan koefisien DWT ini maka dapat dilakukan proses *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT) untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal melalui persamaan berikut [6]:

$$( ) \sum ( ) \tag{7}$$

Proses rekonstruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi. DWT menganalisis sinyal berbeda melalui dekomposisi sinyal sehingga menjadi detil informasi dan taksiran kasar. DWT bekerja pada dua kumpulan fungsi yang disebut fungsi penskalaan dan fungsi *wavelet* yang masing-masing berhubungan dengan *lowpass filter* [3].

Proses rekonstruksi ini sepenuhnya merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi, yang mana untuk setiap rekonstruksi pada masing-masing tingkatan dapat menggunakan persamaan matematika (7). Transformasi *wavelet* diskrit dua dimensi digambarkan pada gambar berikut [6]:

LL2	HL2	HL1
LH2	LL2	
LH1		HH1

Gambar 2.2 Transformasi *Wavelet* Diskrit Level 2 pada Citra Dua Dimensi

## 2.4 Pendeteksian Citra Ber-Watermark yang Mengalami Modifikasi

Proses pendeteksian citra ber-*watermark* yang telah mengalami modifikasi dilakukan dengan membandingkan citra ciri dari hasil ekstraksi *watermark* dan citra ciri dari proses AMBTC pada citra hasil ekstraksi dari citra ber-*watermark*. Proses pendeteksian dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Watermark* dan citra hasil ekstraksi diperoleh dari proses ekstraksi pada PEE. *Watermark* hasil ekstraksi tersebut dilakukan proses *reverse* AMBTC dan dibentuk menjadi citra ciri 1 kemudian diperbesar dua kali lipat disesuaikan dengan ukuran citra asli.
- Citra hasil ekstraksi diduplikasi kemudian ukurannya diperkecil menjadi setengah dari ukuran sebenarnya. Setelah itu, dilakukan proses AMBTC pada citra hasil duplikasi tersebut dan langsung dilakukan *reverse* AMBTC yang menghasilkan citra ciri 2. Ukuran citra ciri 2 kemudian diperbesar menjadi dua kali lipat disesuaikan dengan ukuran citra asli.
- Citra ciri 1 dan citra ciri 2 kemudian dibandingkan nilai tiap *pixel*-nya, jika tidak terdapat perbedaan berarti citra tersebut tidak mengalami modifikasi, sedangkan jika terdapat perbedaan, berarti citra tersebut telah dimodifikasi.

## 2.5 Proses Perbaikan Citra yang Mengalami Modifikasi

Jika pada proses pendeteksian ternyata ditemukan *pixel* yang berbeda yang berarti telah terjadi modifikasi, maka dilakukan proses perbaikan. Proses perbaikan tersebut dilakukan dengan cara menghitung rata-rata dari nilai *pixel* pada citra ciri 1 dan citra ciri 2 yang berbeda. Misalkan pada citra ciri 1 nilai *pixel* pada koordinat (25,25) adalah 125, sedangkan pada citra ciri 2 nilai *pixel* pada koordinat yang sama adalah 130, berarti telah terjadi modifikasi pada citra tersebut, sehingga nilai *pixel* pada citra hasil perbaikan tersebut digantikan dengan nilai rata-rata dari nilai *pixel* citra ciri 1 dan citra ciri 2, yaitu [—].

## 2.6 Serangan

Serangan (*attack*) yang digunakan pada penelitian ini merupakan serangan yang bersifat *non malicious*, yaitu serangan dilakukan seolah-olah tidak diketahui bahwa citra yang diserang telah disisipi *watermark*, dan penyerang tidak mengetahui kunci dari *watermark* tersebut. Serangan yang digunakan adalah modifikasi *noise* dan *sharpening*.

## 2.7 Performansi Sistem

Parameter penilaian yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menghitung PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan *Error Rate*.

- PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)

$$\left[ \frac{\text{PSNR}}{10} \right] \quad \left[ \frac{\text{Error Rate}}{\sqrt{\text{Error Rate}}} \right] \quad (8)$$

- Error Rate*

$$\text{Error Rate} = \frac{\text{Error Rate}}{\text{Total Pixel}} \times 100\% \quad (9)$$

## 3. Analisis Hasil Pengujian

Dalam pengujian sistem ini, citra *host* yang digunakan adalah citra medis sebanyak 16 citra berukuran 512x512 *pixel* dengan kedalaman warna 8 *bit* (*grayscale*) dengan format bitmap (\*.bmp). Sedangkan citra *watermark* yang digunakan adalah hasil dari ekstraksi citra *host* dengan ukuran 256x256 *pixel* dengan format bitmap dan kedalaman warna 8 *bit*.

Strategi pengujian yang dilakukan adalah dengan menggunakan beberapa skenario berikut :

### Skenario 1

Pada skenario pertama melakukan pengujian terhadap proses *watermarking*. Proses AMBTC yang menghasilkan citra *watermark* kemudian disisipkan pada tiap citra *host* menjadi citra ber-*watermark*, kemudian diukur kualitasnya menggunakan perhitungan PSNR dan *Error Rate* yang dibandingkan dengan citra asli. Berikut adalah tahapan pengujian yang dilakukan :

- Memasukkan citra asli yang akan diuji dengan sistem *watermarking* ini.
- Melakukan transformasi DWT, kemudian mengubah 3 bit pada *subband* LH dan HL menjadi '0'. Perubahan 3 bit tersebut dilakukan pada :

- Significant dan exponent bit*

Pada *floating point* apabila dilakukan perubahan 3 bit di posisi *significant* dan *exponent bit* (posisi bit 1, 2, 3) maka citra yang dihasilkan akan mengalami kerusakan dan memiliki performansi PSNR yang kecil, karena nilai akan berubah signifikan. Sehingga perubahan 3 bit tidak dapat dilakukan pada posisi nilai *sign* dan *exponent*.

- Exponent bit*

Pengubahan 3 bit pada posisi nilai *exponent* juga tidak dapat dilakukan, karena citra yang dihasilkan akan

mengalami kerusakan dan memiliki performansi PSNR yang kecil.

- *Frac* bit

Posisi *Frac* bit terletak di bit ke 13 sampai 64. Pengubahan 3 bit dilakukan pada :

1. Bit ke- 62, 63, 64

Pada posisi bit ini *watermark* akan mengalami kerusakan pada saat melakukan ekstraksi dan menghasilkan PSNR yang kecil apabila disisipkan pada bit tersebut. Sehingga posisi bit ini masih kurang memenuhi standar kualitas citra *watermark* yang baik.

2. Bit ke- 13, 14, 15

Pada posisi bit ini *watermark* akan mengalami kerusakan pada saat melakukan ekstraksi dan menghasilkan PSNR yang kecil sama dengan pengubahan 3 bit di posisi 62, 63, 64.

3. Bit ke- 16, 17, 18

Pada posisi bit ini, citra *watermark* yang akan disisipi nantinya akan mendapatkan kualitas citra yang baik dengan nilai PSNR lebih tinggi dari pengubahan 3 bit di posisi bit-bit sebelumnya, baik pada saat penyisipan maupun ekstraksi. Sehingga dilakukan pengubahan 3 bit menjadi '0' di posisi bit ke- 16, 17, 18.

Dengan menggunakan AMBTC ciri-ciri penting dari citra asli akan diambil oleh sistem yang telah dibuat dan akan dibentuk sebagai *watermark* yang akan disisipkan pada citra *host* yang sebelumnya telah diubah 3 bit menjadi '0'.

Sistem kemudian melakukan penyisipan *watermark* ke citra *host*, dan diukur kualitasnya menggunakan perhitungan PSNR dan *Error Rate* yang dibandingkan dengan citra asli.

### Skenario 2

Pada skenario kedua dilakukan pengujian terhadap kemampuan *reversibility* dari sistem *watermarking* dengan cara melakukan ekstraksi terhadap citra ber-*watermark* yang belum mengalami proses *edit* sehingga keluaran yang dihasilkan adalah citra ekstrak dan *watermark* ekstrak. Citra dan *watermark* hasil ekstraksi kemudian dilakukan pengukuran kualitasnya menggunakan PSNR dan *Error Rate* dengan citra asli dan *watermark* asli, sehingga dapat diketahui bagaimana kemampuan

*reversibility* dari sistem *watermarking* ini. Berikut adalah tahapan pengujian yang dilakukan :

- a. Memasukkan citra ber-*watermark* yang akan dilakukan pengujian.
- b. Proses ekstraksi akan dilakukan oleh sistem terhadap citra dan *watermark* yang disisipkan pada citra ber-*watermark*.
- c. Citra dan *watermark* hasil ekstraksi kemudian kualitasnya dibandingkan dengan citra dan *watermark* asli menggunakan perhitungan PSNR dan *Error Rate*.

### Skenario 3

Pada skenario ketiga dilakukan pengujian terhadap kemampuan sistem dalam mendeteksi adanya modifikasi terhadap citra ber-*watermark*. Modifikasi yang diberikan adalah berupa modifikasi *noise* dan *sharpening*. Berikut adalah tahapan pengujian yang dilakukan :

- a. Lakukan modifikasi pada citra ber-*watermark* dengan modifikasi *noise* dan *sharpening*. Pada modifikasi berupa *noise* dan *sharpening* dilakukan pengujian untuk mengukur bagaimana sistem dapat mendeteksi modifikasi yang bersifat menyeluruh.
- b. Sistem kemudian melakukan ekstraksi dan pendeteksian dengan cara membentuk dua citra ciri dari citra hasil ekstraksi dan *watermark* hasil ekstraksi yang kemudian dilakukan perbandingan terhadap citra ciri 1 dan citra ciri 2 dengan menggunakan *Error Rate*.

### Skenario 4

Pada skenario keempat dilakukan pengujian terhadap kemampuan sistem dalam melakukan perbaikan pada citra yang telah termodifikasi. Citra-citra termodifikasi yang telah dideteksi dengan skenario 3 akan diperbaiki. Selanjutnya dilakukan pengukuran performansi dengan cara membandingkan citra hasil perbaikan dengan citra asli menggunakan parameter PSNR.

#### 3.1 Analisis Hasil Penyisipan *Watermark*

Berdasarkan hasil pengujian seluruh citra uji yang dilakukan penyisipan pada posisi bit terakhir (posisi ke- 62, 63, 64) menghasilkan citra ber-*watermark* dengan nilai PSNR *infinity*. Sedangkan untuk penyisipan yang dilakukan pada posisi bit ke- 13, 14, 15 menghasilkan citra ber-*watermark* dengan nilai PSNR berkisar antara 35-47 dB. Selanjutnya penyisipan yang dilakukan pada posisi bit ke- 16, 17, 18 menghasilkan citra ber-*watermark* dengan nilai PSNR berkisar antara 51-65 dB. Hal

ini dikarenakan metode DWT yang digunakan berhasil melakukan penyisipan *watermark* dengan melakukan perubahan 3 bit menjadi '0' sebagai penampung *watermark* diketiga posisi yang berbeda. Selain itu, dengan melihat *Error Rate* dari ketiga posisi penyisipan 3 bit dapat dianalisis bahwa nilai *pixel* yang berbeda dengan citra asli berkisar 0%-42%, *Error Rate* dengan kisaran sampai 42% dialami oleh penyisipan 3 bit pada posisi bit ke- 13, 14, 15 hal tersebut menunjukkan bahwa *pixel-pixel* tersebut cukup banyak mengalami perubahan baik karena dilakukan perubahan 3 bit maupun penyisipan *watermark* pada 3 bit yang telah ditentukan untuk diubah dengan AMBTC menggunakan *key* 1 dengan XOR dan *key* 2 dengan *flip*.

### 3.2 Analisis Reversibility Sistem Watermarking

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *watermarking* mendekati *reversible* untuk seluruh citra uji. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai PSNR ekstraksi yang berkisar antara 49-61 dB untuk citra *host*, dan 6-9 dB untuk citra *watermark*. Selain itu, untuk nilai *Error Rate* berkisar antara 2-14% untuk citra *host* dan 10-20% untuk citra *watermark*. Hal tersebut dipengaruhi oleh metode transformasi DWT yang digunakan, karna representasi *floating point* dari proses transformasi memengaruhi nilai biner yang akan diubah dan disisipi, sehingga sistem *watermarking* memiliki kualitas citra *watermark* yang nilai PSNR-nya kecil.

### 3.3 Analisis Hasil Pendeteksian Modifikasi

#### a. Analisis Pendeteksian Modifikasi Noise dan Sharpening

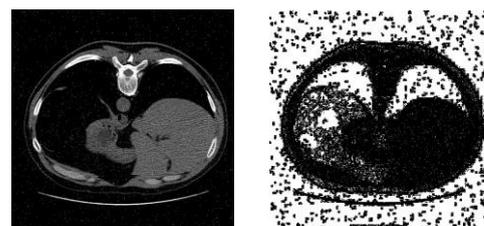
Modifikasi *Noise* dan *Sharpening* dilakukan untuk menguji bagaimana sistem dapat mendeteksi serangan yang bersifat acak dan menyeluruh pada citra. Modifikasi *Noise* yang digunakan berupa *salt and pepper* yaitu dengan menyebar bintik-bintik hitam dan putih secara acak dan merata pada permukaan citra. Pada modifikasi *noise* ini dilakukan pengujian terhadap tiga parameter *noise* yang berbeda yaitu 0.001, 0.01, dan 0.1.

Modifikasi *sharpening* merupakan modifikasi bersifat menyeluruh pada permukaan citra dengan menajamkan *edge* yang terdapat pada citra. Pada pengujian ini, dilakukan modifikasi dengan tiga

buah nilai *alpha* yaitu 0.1, 0.5, dan 0.9. Hasil deteksi modifikasi *noise* dan *sharpening* ditunjukkan dengan *Error Rate*.

Sistem dapat dengan baik mendeteksi modifikasi berupa *noise salt and pepper*. Pengujian tersebut dilakukan dari pemberian *noise* dengan ketiga parameter, *noise* yang dapat terdeteksi pada seluruh citra uji. Karena modifikasi *noise* ini bersifat menyebar dan menyeluruh, maka *error* yang ditimbulkan pun cukup besar bagi citra dan *watermark* hasil ekstraksi. Sistem sudah dapat mendeteksi serangan pada parameter *alpha* 0.001 karena nilai *Error Rate* yang dihasilkan berkisar antara 1-11%, yang berarti serangan *noise* menyebar pada seluruh citra.

Seperti pada modifikasi *noise*, modifikasi berupa *sharpening* pun bersifat menyeluruh terhadap permukaan citra sehingga *error* yang ditimbulkan pun cukup besar untuk seluruh citra uji. *Error* yang terdeteksi pun merata untuk seluruh nilai *alpha*. Sistem sudah dapat mendeteksi serangan pada parameter 0.1 dengan kisaran *Error Rate* 30-89%, disebabkan oleh serangan yang bersifat menyeluruh terhadap permukaan citra, sehingga *error* yang ditimbulkan pun cukup besar.

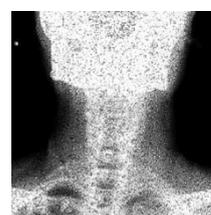


(a)

(b)

Citra ct-2.bmp  
dengan *Noise*  
Berparameter 0.01

Hasil Deteksi  
Modifikasi  
*Noise*  
dengan Parameter  
0.01 Pada ct-2.bmp



(c)



(d)

Citra leher-1.bmp  
dengan Modifikasi  
*Sharpening alpha*  
0.5

Hasil Deteksi  
Modifikasi  
*Sharpening alpha*  
0.5 pada leher-1.bmp

Gambar 4.1 Hasil Deteksi Modifikasi *Noise* dan *Sharpening*

### 3.4 Analisis Hasil Perbaikan Modifikasi

#### a. Analisis Perbaikan Modifikasi Noise dan Sharpening

Berdasarkan hasil pengujian dapat dibuktikan bahwa untuk seluruh citra uji yang diberi serangan berupa modifikasi *noise salt and pepper* dan *sharpening* akan menghasilkan citra hasil perbaikan yang memiliki nilai PSNR lebih rendah dibandingkan dengan citra sebelum diperbaiki. Hal tersebut dikarenakan modifikasi berupa *noise* dan *sharpening* bersifat acak dan menyeluruh pada citra sehingga menimbulkan *error* yang cukup besar pada citra yang mengakibatkan ciri atau *watermark* yang terdapat pada citra mengalami kerusakan yang cukup berat. Sistem *watermarking* yang bersifat *fragile* terhadap serangan pun membuat citra ciri yang disisipkan menjadi mudah untuk rusak sehingga ciri yang sebenarnya dibutuhkan untuk memperbaiki citra justru akan merusak citra karena *error* yang menyerangnya cukup besar.

Hasil perbaikan dikatakan baik apabila PSNR perbaikan lebih besar daripada PSNR modifikasi, yaitu nilai PSNR perbaikan lebih besar daripada nilai PSNR modifikasi dilihat dari rata-ratanya yaitu 14.251 untuk PSNR modifikasi dan 14.659 untuk PSNR perbaikan.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem yang dibangun dapat membuat citra ber-*watermark* dengan PSNR > 51 dB.
2. Sistem *watermarking* yang dibangun bersifat *nearly reversible*. Ini dibuktikan dengan hasil ekstraksi *watermark* dan citra *host* yang memiliki PSNR 6-9 dB dan 49-61 dB, sedangkan *Error Rate* 2-14% untuk citra *host* dan 10-20% untuk citra *watermark*.
3. Sistem dapat mendeteksi modifikasi yang bersifat menyebar dan acak yaitu pada modifikasi *noise* dan *sharpening*. Akan tetapi hasil perbaikan yang dihasilkan cukup buruk karena citra ciri mengalami kerusakan yang acak dan menyebar di seluruh bagian citra
4. Hasil perbaikan yang buruk disebabkan karena metode transformasi yang digunakan dalam pembuatan ciri penting dari suatu citra, karena metode transformasi DWT menghasilkan nilai *floating point* sehingga ciri penting tersebut akan merusak gambar pada saat dilakukan proses perbaikan.

5. Tingkat kerahasiaan *watermark* masih rendah, dikarenakan *watermark* yang digunakan adalah ciri penting dari citra medis yang sama.

### Daftar Pustaka

- [1] R. Agustina, Adiwijaya, A. M. Barmawi. 2010. Teknik Watermarking Menggunakan AMBTC dan IWT untuk Pendeteksian dan Perbaikan Citra Digital Termodifikasi. Jurnal PP Telekomunikasi Volume 14 Issue 2. 2010
- [2] C. W. Chao, C. H. Hsieh, P. C. Lu, T. A. Cheng. 1996. *Modified Block Truncation Coding for Image Compression*. Journal Pattern Recognition Letters Volume 17 Issue 14 pp. 1499 – 1506.
- [3] M. Shandilya, R. Shandilya. 2003. *Implementation of Absolute Moment Block Truncation Coding Scheme Based on Mean Square Error Criterion*. Proceeding of the SDR 03 Technical Conference and Product Exposition, 2003.
- [4] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, O. D. Nurhayati, Wijanarto. 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Andi: Yogyakarta.
- [5] D. Putra. 2010. Pengolahan Citra Digital. Andi: Yogyakarta.
- [6] N. M. Tuakia, Suprpto, N. Yudistira. 2013. Implementasi Watermarking Pada Citra Medis Menggunakan Metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Malang: Universitas Brawijaya.
- [7] C. L. Wang, R. H. Hwang, T. S. Chen, H.Y Lee. 2005. *Detecting and Restoring System of Tampered Images Based on Discrete Wavelet Transformation and Block Truncation Coding*. Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference of Advanced Information Networking and Applications – Vol. 2 pp. 79 – 82, 2005.
- [8] Adiwijaya, P. N. Faoziyah, F. P. Permana. 2013. *Tamper Detection and Recovery of Medical Image Watermarking using Modified LSB and Huffman Compression*. International Conference on Informatics and Applications, September 2013.
- [9] E. J. Delp and O. R. Mitchell, *Image Compression using Block Truncation Coding*, IEEE Transactions on Communications, vol. 27, no. 9, September 1979, pp. 1335-1341.
- [10] K. Anwar, A. Sugiharto, P. S. Sasongko. 2010. Kompresi Citra Medis Menggunakan

Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Embedded Zerotree Wavelet (EZW). Semarang: Universitas Diponegoro.

- [11] H. K. Wu, Jeffery, et al. 2008. *Tamper Detection and Recovery for Medical Images Using Near-lossless Information Hiding Technique*. Journal of Digital Imaging, Vol 21 , No 1 (March), 2008: pp 59 Y76.
- [12] Imam M., Adiwijaya, A. M. Barmawi. 2012. Pendeteksian dan Perbaikan Citra Medis Termanipulasi yang Telah Disisipi Watermark Menggunakan *Absolute Moment Block Truncation Coding* (AMBTC) dan *Prediction-Error Expansion* (PEE).