

Teknik *Invisible Watermarking Digital* Menggunakan Metode DWT (*Discrete Wavelet Transform*)

Stephanie Gani dan Budi Setiyono

Departemen Matematika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: budi@matematika.its.ac.id

Abstrak—Kemudahan penyebaran citra *digital* melalui internet memiliki sisi positif dan negatif terutama bagi pemilik asli citra *digital* tersebut. Sisi positif dari kemudahan penyebaran adalah dengan cepatnya pemilik citra tersebut menyebarkan *file* citra *digital* ke berbagai alamat situs di dunia. Sedangkan sisi negatifnya adalah jika tidak ada hak cipta yang berfungsi sebagai pelindung citra yang disebarkan tersebut, maka citra *digital* ini, yang misalkan adalah hasil foto komersil, atau hasil karya lukisan *digital*, akan sangat mudah diakui kepemilikannya oleh pihak lain. *Watermark* merupakan salah satu solusi untuk melindungi hak cipta terhadap foto *digital* yang dihasilkan. Dengan diterapkannya *Digital Image Watermarking* ini maka hak cipta foto *digital* yang dihasilkan akan terlindungi dengan cara menyisipkan informasi tambahan seperti informasi pemilik, keaslian, dsb ke dalam foto *digital* tersebut. *Discrete Wavelet Transform (DWT)* merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dalam teknik *watermarking* dalam *domain transform*.

Kata Kunci—Citra *Digital*, *Watermarking*, *Discrete Wavelet Transform (DWT)*.

I. PENDAHULUAN

SAAT ini penggunaan internet dalam kehidupan sehari – hari menjadi hal yang umum. Banyak fasilitas yang ditawarkan di internet, salah satunya adalah unggah dan unduh *file* citra. Dengan adanya fasilitas unggah dan unduh *file* seseorang dapat mengunggah dan mengunduh *file* citra dengan mudah karena adanya jangkauan penggunaan internet yang sangat luas.

Penggunaan internet yang sangat luas ternyata memiliki sisi positif dan negatif terutama bagi pemilik asli citra *digital*. Sisi positif dari kemudahan penyebaran tersebut antara lain dengan cepatnya pemilik citra menyebarkan *file* citra *digital* ke salah satu situs yang ada di internet. Sedangkan sisi negatifnya antara lain tidak adanya perlindungan kepemilikan citra yang disebarkan, citra *digital* ini akan sangat mudah diakui kepemilikannya oleh pihak lain.

Berdasarkan kasus-kasus yang terjadi dalam pelanggaran hak cipta, khususnya dalam kasus pengakuan karya citra *digital* orang lain, pemberian *watermarking* menjadi hal yang sangat diperlukan. Pemberian *watermarking* bertujuan untuk melindungi data citra *digital* dari pengakuan orang lain.

Watermarking merupakan suatu proses penyisipan data/informasi tertentu ke dalam suatu data citra *digital* lainnya, tetapi tidak diketahui kehadirannya oleh indera manusia. *Watermarking* ini memanfaatkan kekurangan-kekurangan sistem indera manusia seperti mata dan telinga.

Informasi yang disisipkan kemudian harus dapat diperoleh kembali meskipun data *digital* telah didistribusikan. Saat distribusi citra akan menyebabkan turunnya nilai korelasi *watermark* yang diurai. Turunnya nilai korelasi *watermark* disebabkan penyisipan *watermark* dilakukan pada frekuensi tinggi atau bagian detail citra, dan *noise* yang mengkontribusi komponen frekuensi tinggi citra. Dengan berkurangnya komponen frekuensi tinggi citra, maka informasi *watermark* yang disisipkan pada kawasan frekuensi tinggi citra secara otomatis akan berkurang juga.

Dengan berkembangnya *watermarking* pada saat ini, berkembang pula metode – metode yang di terapkan pada proses *digital watermarking*. Sebagai contoh, metode transformasi DWT (*Discrete Wavelet Transform*). DWT (*Discrete Wavelet Transform*) merupakan salah satu teknik pemrosesan sinyal *digital*. Teknik ini merupakan salah satu yang sedang berkembang di masyarakat dikarenakan teknik ini lebih mudah diaplikasikan dan hasilnya lebih bagus dibandingkan sebelumnya yaitu transformasi Fourier. DWT membagi sebuah dimensi sinyal menjadi dua bagian, yaitu frekuensi tinggi (*highpass filter*) dan frekuensi rendah (*lowpass filter*). Secara umum penyisipan *watermark* ke dalam sebuah citra *digital* dilakukan dengan cara membandingkan koefisien DWT pada rentang frekuensi hasil dekomposisi citra asli, dimana rentang frekuensi yang memiliki nilai koefisien DWT terbesar adalah tempat yang paling signifikan untuk menyisipkan *watermark*.

Penelitian yang menggunakan teknik *watermarking* antara lain penelitian oleh Moh Khavid Reza dengan judul Perancangan Sistem *Watermarking* Pada Citra *Digital* Menggunakan Metode DCT dan LSB, serta penelitian lain oleh B. Yudi Dwiandiyanta dalam penelitiannya yang berjudul Perbandingan *Watermarking* Citra dengan Alihagam *Wavelet* dan *Discrete Cosine Transform*.

II. KAJIAN TEORI

A. Citra *Digital*

Citra didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dimana x dan y adalah sebuah koordinat pada bidang dan amplitude dari f pada pasangan koordinat adalah intensitas atau sebuah tingkatan keabu-abuan dari suatu citra pada titik tersebut. Jika x , y , dan nilai intensitas dari f tersebut bernilai diskrit, berhingga, citra tersebut dinamakan citra *digital* [1].

Citra *digital* dapat diwakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari baris (N) dan kolom (M) dimana perpotongan

antara kolom dan baris disebut *pixel*, yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. *Pixel* mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai fungsi $f(x,y)$ pada koordinat citra (x,y) merupakan besar dari intensitas atau warna dari *pixel* pada titik itu [2].

$$N = \text{jumlah baris} \quad 0 \leq x \leq N - 1.$$

$$M = \text{jumlah kolom} \quad 0 \leq y \leq M - 1$$

$$L = \text{maksimal warna intensitas} \quad 0 \leq f(x,y) \leq L - 1$$

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \ddots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

B. Watermarking

Watermarking merupakan salah satu bentuk dari *steganography*, yang dapat diartikan sebagai suatu teknik penyembunyian data atau informasi ke dalam suatu data lainnya. Orang lain tidak menyadari kehadirannya. Jadi seolah-olah tidak ada perbedaan signifikan antara citra *host* dan citra ber-*watermark*.

Watermark merupakan sebuah informasi yang disisipkan pada media lain dengan tujuan melindungi media yang disisipi oleh informasi tersebut dari pembajakan, penyalahgunaan hak cipta, dan sebagainya, *watermarking* sendiri adalah cara untuk menyisipkan *watermark* ke dalam media yang ingin dilindungi hak ciptanya [3].

Adapun manfaat utama secara umum dari *watermarking*, antara lain [2]:

a. Proteksi Hak Cipta

Tujuan *watermark* dalam perlindungan hak cipta adalah sebagai bukti otentik atas hak kepemilikan pencipta atas konten yang dibuat atau diproduksinya.

b. Fingerprinting

Tujuan *watermark* adalah mengidentifikasi setiap penggunaan dan distribusi suatu content.

c. Proteksi terhadap penggandaan (*copy protection*)

Watermark bermanfaat untuk melindungi konten dari duplikasi dan pembajakan.

d. Autentikasi citra

Watermark bermanfaat dalam proses autentikasi, sehingga modifikasi dari suatu citra dapat terdeteksi.

Jenis *watermark* berdasarkan persepsi manusia dibagi menjadi dua jenis [2]:

1. *Visible Watermarking*

Merupakan jenis *watermark* dapat dilihat oleh panca indra manusia (mata telanjang). Sifat *watermark* ini sangat kuat bahkan sangat sulit dihapus keberadaannya walaupun tidak menjadi bagian dari image. Sebagai contohnya adalah logo transparan yang biasa diletakkan di pojok-pojok pada hasil foto.

2. *Invisible Watermarking*

Watermark jenis ini tidak dapat dilihat oleh panca indera, yang bertujuan memberikan informasi yang bersifat rahasia dan untuk melindungi hak cipta orang lain dari orang yang tidak bertanggung jawab. Jenis *watermark* ini dapat dilihat melalui proses komputasi yaitu dengan cara mengekstrak gambar yang ter-*watermark*.

Klasifikasi teknik *watermarking* digital pada saat ini cukup banyak. Ada beberapa teknik *watermarking* berdasarkan domain kerjanya, yaitu [4]:

1. Teknik *watermarking* yang bekerja pada domain spasial (*spatial domain watermarking*).

Teknik ini bekerja dengan cara menyisipkan *watermark* secara langsung kedalam domain spasial dari suatu citra. Istilah domain spasial sendiri mengacu pada piksel-piksel penyusun sebuah citra. Teknik *watermarking* jenis ini beroperasi secara langsung pada piksel-piksel tersebut. Beberapa contoh teknik yang bekerja pada domain spasial adalah teknik penyisipan pada *Least Significant Bit (LSB)*.

2. Teknik *watermarking* yang bekerja pada domain transform (*transform domain watermarking*).

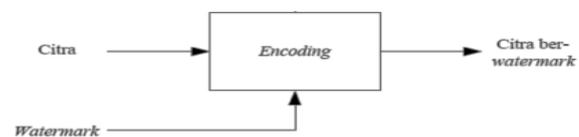
Pada *transform domain watermarking* (sering juga disebut dengan *frequency domain watermarking*) ini penyisipan *watermark* dilakukan pada koefisien frekuensi hasil transformasi citra asalnya. Ada beberapa transformasi yang umum digunakan oleh para peneliti, yaitu: *Discrete Cosine Transform (DCT)*, *Discrete Fourier Transform (DFT)*, *Discrete Wavelet Transform (DWT)* maupun *Discrete Laguerre Transform (DLT)*.

3. Teknik *watermarking* yang bekerja pada kedua domain diatas (*hybrid techniques watermarking*).

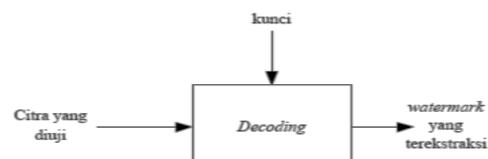
Teknik *watermarking* jenis ini bekerja dengan menggabungkan kedua teknik diatas. Pada teknik ini biasanya penanaman *watermark* dilakukan pada domain frekuensi beberapa bagian citra yang dipilih berdasarkan karakteristik spasial citra tersebut.

C. Framework Watermarking

Jika *watermark* merupakan sesuatu yang disisipkan, maka *watermarking* merupakan proses penyisipan *watermark* tersebut. Secara umum *framework* sebuah algoritma *watermarking* tersusun atas dua bagian, yaitu algoritma penyisipan *watermark (encoder)* dan algoritma pendeteksian *watermark (decoder)*. Algoritma penyisipan *watermark (encoder)* adalah algoritma yang menangani bagaimana sebuah *watermark* ditanamkan pada media induknya, sedangkan algoritma pendeteksian *watermark* adalah algoritma yang menentukan apakah di dalam sebuah media *digital* terdeteksi *watermark* yang sesuai atau tidak [5].



Gambar 1. Proses penyisipan *watermark* pada citra *digital*



Gambar 2. Proses pendeteksian *watermark* pada citra *digital*

Label *watermark* adalah suatu data/informasi yang akan dimasukkan ke dalam data *digital* yang ingin di-*watermark*. Ada 2 jenis label yang dapat digunakan, yakni teks biasa,

logo atau citra atau suara. Kelemahan dari label teks adalah kesalahan pada satu bit saja dapat menghasilkan hasil yang berbeda dengan teks asli. Sedangkan logo atau citra atau suara, yakni kesalahan pada beberapa bit masih dapat memberikan persepsi yang sama dengan aslinya oleh pendengaran maupun penglihatan kita, tetapi kerugiannya adalah jumlah data yang cukup besar [5].

D. Transformasi Citra

Transformasi citra dapat diartikan sebagai perubahan bentuk suatu citra. Perubahan bentuk tersebut dapat berupa perubahan geometri piksel seperti perputaran (rotasi), pergeseran (translasi), penskalaan, dan lain sebagainya atau dapat juga berupa perubahan ruang (domain) citra ke domain lainnya.

Transformasi citra merupakan pokok bahasan yang sangat penting dalam pengolahan citra. Citra hasil proses transformasi dapat dianalisis kembali, diinterpretasikan, dan dijadikan acuan untuk melakukan pemrosesan selanjutnya. Tujuan diterapkannya transformasi citra adalah untuk memperoleh informasi (*feature extraction*) yang lebih jelas yang terkandung dalam suatu citra.

Melalui proses transformasi, suatu citra dapat dinyatakan sebagai kombinasi linear dari sinyal dasar (*basic signals*) yang sering disebut dengan fungsi basis (*basis fuction*). Suatu citra yang telah mengalami transformasi dapat diperoleh kembali dengan menggunakan transformasi balik (*invers transformation*). Pada transformasi citra terdapat berbagai macam transformasi diantaranya, *Fast Fourier Transform* (FFT), *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT), dan lain-lain [6].

E. Wavelet

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik. Sedangkan *wavelet* merupakan gelombang yang dibatasi atau dapat dikatakan sebagai gelombang pendek. *Wavelet* mengkonsentrasikan energinya dalam ruang dan waktu sehingga cocok untuk menganalisis sinyal yang sifatnya sementara saja.

Wavelet pertama kali digunakan dalam analisis dan pemrosesan digital dari sinyal gempa bumi, yang tercantum dalam literatur oleh A. Grossman dan J. Morlet. Penggunaan *wavelet* pada saat ini sudah semakin berkembang dengan munculnya area sains terpisah yang berhubungan dengan analisis *wavelet* dan teori transformasi *wavelet*. Dengan munculnya area sains ini *wavelet* mulai digunakan secara luas dalam filtrasi dan pemrosesan data, pengenalan citra, sintesis dan pemrosesan berbagai variasi sinyal, kompresi dan pemrosesan citra, dan lain-lain [4].

F. Transformasi Wavelet

Transformasi *wavelet* adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis untuk didapatkan informasi spektrum frekuensi dan waktunya secara bersamaan. Salah satu seri pengembangan transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet transform* (DWT) [7].

Transformasi sinyal merupakan bentuk lain dari penggambaran sinyal yang tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut. Transformasi *wavelet* (*wavelet transform*) menyediakan penggambaran frekuensi waktu

dari sinyal. Pada awalnya, transformasi *wavelet* digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak (*non-stationary signals*). Sinyal bergerak ini dianalisis dalam transformasi *wavelet* dengan menggunakan teknik *multi-resolution analysis*. Secara umum teknik *multi-resolution analysis* adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis frekuensi dengan cara frekuensi yang berbeda dianalisis menggunakan resolusi yang berbeda. Resolusi dari sinyal merupakan ukuran jumlah informasi di dalam sinyal yang dapat berubah melalui operasi filterisasi [7].

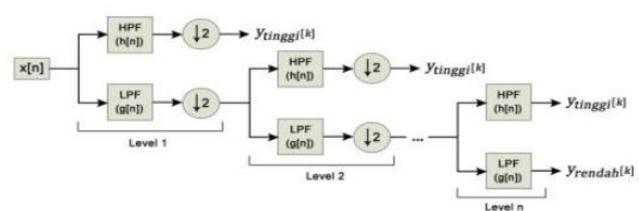
Transformasi *wavelet* selain mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, juga dapat memberikan informasi tentang skala atau waktu. *Wavelet* dapat digunakan untuk menganalisis suatu bentuk gelombang (sinyal) sebagai kombinasi dari waktu (skala) dan frekuensi. Selain itu perubahan sinyal pada suatu posisi tertentu tidak akan berdampak banyak terhadap sinyal pada posisi-posisi yang lainnya. Dengan *wavelet* suatu sinyal dapat disimpan lebih efisien dibandingkan dengan fourier dan lebih baik dalam hal melakukan suatu pendekatan untuk memperoleh nilai yang sedekat mungkin terhadap real-word signal. Transformasi *wavelet* dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) [8].

G. Discrete Wavelet Transform (DWT)

Transformasi *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 melewatkan sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda [7].

Implementasi transformasi *wavelet* diskrit dapat dilakukan dengan cara melewatkan sinyal ke dalam dua filterisasi DWT yaitu *highpass filter* (HPF) dan *lowpass filter* (LPF) agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis kemudian melakukan *downsampling* pada keluaran masing-masing filter.

Analisis sinyal dilakukan terhadap hasil filterisasi *highpass filter* (HPF) dan *lowpass filter* (LPF) di mana 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* [9].



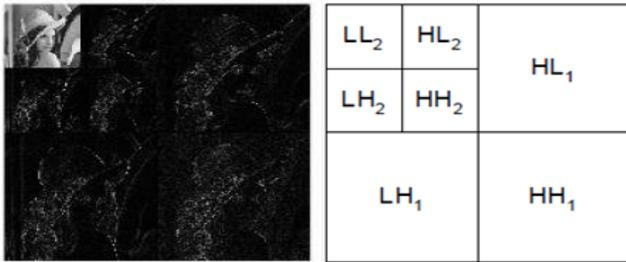
Gambar 3. Dekomposisi *Wavelet* Diskrit

Proses dekomposisi ini dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat ditulis dengan ekspresi matematika berikut [7]:

$$y_{tinggi}[k] = \sum_n x[n]h[2k - n] \tag{1}$$

$$y_{rendah}[k] = \sum_n x[n]g[2k - n] \tag{2}$$

$y_{tinggi}[k]$ dan $y_{rendah}[k]$ yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpassfilter*, $x[n]$ merupakan sinyal asal, $h[n]$ adalah *highpass filter*, dan $g[n]$ adalah *lowpass filter*. Untuk dekomposisi lebih dari satu tingkat, prosedur pada persamaan (1) dan (2) dapat digunakan pada masing-masing tingkatan [7].



Gambar 4. Transformasi Wavelet Diskrit 2D Level 2

Untuk transformasi citra dua dimensi pada Gambar 4, prosedur dekomposisi level pertama terdiri dari citra satu dimensi yang di-filter pada arah mendatar (baris) kemudian diikuti oleh citra satu dimensi yang di-filter pada arah tegak (kolom) yang diutilisasi dengan menggunakan filter tapis rendah (*lowpass filter*) dan filter tapis tinggi (*highpass filter*).

H. Inverse Discrete Wavelete Transform (IDWT)

Secara umum teknik *watermarking* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *non blind watermarking* dan *blind watermarking*. *Non blind watermarking* merupakan teknik *watermarking* yang memerlukan citra *host* dan citra *watermark* untuk mengekstrak *watermark*. Sedangkan *blind watermarking* merupakan teknik *watermarking* yang tidak memerlukan citra *host* untuk melakukan ekstraksi. Dalam penelitian ini menggunakan teknik *non blind watermarking*.

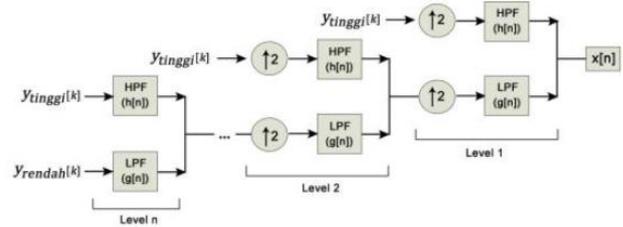
Dengan menggunakan koefisien DWT ini maka dapat dilakukan proses *Inverse Discrete Wavelet transform* (IDWT) untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal melalui persamaan berikut [7]:

$$x[n] = \sum_k (y_{tinggi}[k]h[-n + 2k] + y_{rendah}[k]g[-n + 2k]) \tag{3}$$

Proses rekontruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi. DWT menganalisis sinyal pada frekuensi berbeda dengan resolusi yang 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* dan *highpass filter*.

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. Proses rekonstruksi wavelet untuk mendapatkan sinyal asal ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5. Rekonstruksi Wavelet Diskrit 1 Dimensi

I. PSNR

Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) adalah salah satu metode yang cukup populer digunakan dalam pengukuran kualitas video maupun citra secara objektif. Metode ini menggunakan sinyal citra sebagai parameter objektif. Metode ini membandingkan antara kualitas citra yang telah disisipi *watermark* (citra *ber-watermark*) dengan citra asal (citra *host*). Menurut Syahbana, dkk, PSNR dirumuskan sebagai berikut [10] :

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{2^{M-1}}{MSE} \right)^2 \tag{4}$$

Dimana, 2^M-1 adalah maksimum nilai piksel untuk M-bit citra. MSE merupakan kepanjangan dari *Mean Square Error*. Sebagai contoh, untuk citra dengan resolusi (x,y) piksel, maka MSE didefinisikan dalam persamaan berikut [10]:

$$MSE = \frac{1}{XYT} \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y \sum_{x=1}^X [i(x, y, t) - i'(x, y, t)]^2 \tag{5}$$

dengan:

- X = panjang/baris;
- Y = lebar/kolom;
- T = banyaknya layer citra *host* (RGB) ;
- i = matriks citra awal / citra *host*;
- i' = matriks citra hasil / citra *ber-watermark*

Interpretasi nilai PSNR terhadap kualitas citra dapat dikatakan baik sekali jika nilai PSNR lebih besar dari 33 dB dan dikatakan buruk jika nilai PSNR kurang dari 30 dB [10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan-bahan referensi yang menunjang proses penelitian, yaitu yang berhubungan dengan *Invisible watermarking*.

B. Analisis

Analisis yang dibahas meliputi penyisipan *watermark* dan ekstraksi *watermark*.

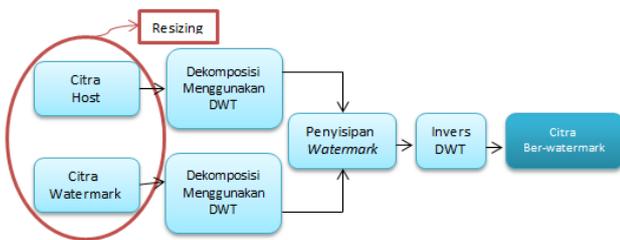
1) Proses Penyisipan Watermark pada Citra Digital

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 1.

- a. Pemilihan citra *host* dan citra *watermark*, jenis citra yang dapat digunakan adalah citra RGB dengan ukuran citra *watermark* ≤ citra *host*.
- b. Proses dekomposisi citra *host* menggunakan DWT. Proses dekomposisi ini dilakukan dengan DWT2 keluarga haar. Dekomposisi citra *digital* menghasilkan LL, LH, HL, dan HH. Sama halnya dengan citra *host*,

- citra *watermark* ini didekomposisi menggunakan DWT keluarga haar.
- c. Setelah citra *host* dan citra *watermark* didekomposisi dalam DWT, citra *watermark* disisipkan ke dalam rentang frekuensi LL.
 - d. Menyisipkan w ke dalam rentang frekuensi LL :

$$f'_{LL}(m, n) = f_{LL}(m, n) + \alpha \cdot w_{LL}(m, n) \quad (5)$$
 dengan $m, n = 1, \dots, L$
 Dimana $f_{LL}(m, n)$ merupakan koefisien yang dipilih, α merupakan kekuatan penyisipan *watermark* atau dapat dikatakan sebagai faktor skala persentase dari citra *host* dan citra *watermark* pada citra ber-*watermark* yang dibentuk.
 - e. Menjalankan *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT) untuk membentuk citra ber-*watermark*.



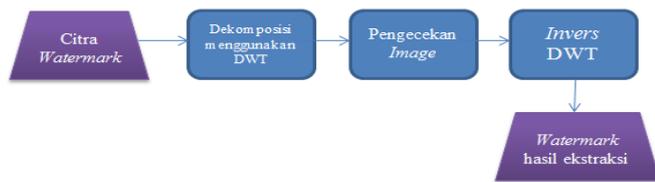
Gambar 5. Proses Penyisipan *Watermark*

2) *Proses Rekonstruksi Watermark pada Citra Digital*

Langkah - langkah rekonstruksi *watermark* adalah :

- a. Citra ber-*watermark* didekomposisi dalam DWT.
- b. Memilih frekuensi LL dari hasil DWT.
- c. Melakukan pengurangan frekuensi LL citra ber-*watermark* dengan frekuensi LL citra *host* untuk menghasilkan frekuensi LL citra *watermark*.
- d. Menjalankan *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT) untuk membentuk citra *watermark*.

Secara umum proses rekonstruksi *watermark* ini merupakan kebalikan dari proses penyisipan *watermark*.



Gambar 6. Proses Rekonstruksi *Watermark*

C. Implementasi

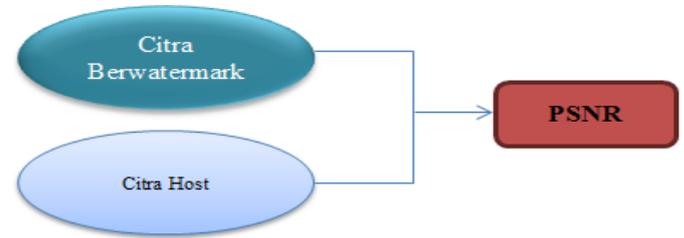
Pada tahap ini dilakukan implementasi (pengkodean) berdasarkan rancangan yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Dibangun suatu aplikasi *watermarking* menggunakan metode *Invisible Watermarking* pada domain DWT. Modul yang dibangun meliputi proses penyisipan dan ekstraksi. Bahasa pemrograman yang digunakan pada tahap implementasi ini yaitu bahasa pemrograman Matlab R2013a.

D. Pengujian

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap metode yang digunakan, untuk mengetahui kualitas dari metode ini akan dilakukan pengujian PSNR. Pengujian PSNR ini dilakukan pada citra yang telah disisipi *watermark* (citra

ber-*watermark*), yaitu dengan membandingkan citra ber-*watermark* dengan citra *host*.

Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui ketahanan metode ini terhadap *noise*. Untuk mengetahui ketahanan metode terhadap *noise*, maka akan diberi *noise* pada citra ber-*watermark*, selanjutnya akan direkonstruksi.



Gambar 6. Proses Pengujian

E. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan tabel dari hasil pengujian dan pemberian saran terkait kekurangan hasil penelitian untuk pengembangan berikutnya.

F. Penulisan Studi

Pada tahap terakhir ini akan dibuat laporan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada tahap-tahap sebelumnya.

IV. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pengujian serta pembahasan terhadap program yang telah dibuat. Pengujian sistem ini merupakan pengujian *invisible watermarking* pada citra berwarna RGB dalam format file BMP, PNG atau JPG. Pada bagian awal adalah hasil uji coba terhadap citra yang belum dikenai serangan, kemudian dilanjutkan terhadap citra yang dikenakan serangan. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai MSE, PSNR dan ekstraksi *watermark*.

A. Data Uji Coba

Uji coba pada program dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan pada citra *host* dan citra *watermark* dengan varian citra yaitu, citra dengan warna yang ekstrim beda, citra dengan warna yang hampir sama, dan citra dengan warna yang biasa-biasa. Hal ini didapat dengan menggunakan standar deviasi, jadi semakin besar standar deviasinya semakin berbeda tiap citranya. Jadi ada sembilan percobaan.

Tabel 1
Tabel Citra *Host* yang Digunakan.

| No | Nama file | Ukuran citra | Varian citra | Citra |
|----|------------|---------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Baboon.png | 512x512 pixel | Standar deviasi tinggi |  |
| 2 | Lena.jpg | 512x512 pixel | Standar deviasi rata-rata/ menengah |  |

| | | | | |
|---|---------------|--------------------|------------------------------|---|
| 3 | Mawar. jpg | 2560x1600 pixel | Standar deviasi rendah |  |
|---|---------------|--------------------|------------------------------|---|

Tabel 2
Tabel Citra Watermark yang Digunakan.

| No | Nama file | Ukuran citra | Varian citra | Citra |
|----|-------------------|-------------------|---|---|
| 1 | Orange. jpg | 472x640 pixel | Standar deviasi tinggi |  |
| 2 | World wide.jpg | 809x360 pixel | Standar deviasi rata- rata/ menengah |  |
| 3 | Ubur2. jpg | 1140x550 pixel | Standar deviasi rendah |  |

B. Pengujian Hasil Watermark

Untuk proses penyisipan watermark akan *resize* terlebih dahulu citra yang digunakan untuk penyisipan watermark (citra *host*) yang ditampilkan pada Tabel 1 dan citra untuk watermark (citra *watermark*) yang ditampilkan pada Tabel 2. Selanjutnya citra hasil penyisipan (citra *ber-watermark*) akan dibandingkan dengan citra *host* untuk mendapatkan nilai MSE dan PSNR. Setelah itu, akan dilakukan proses rekonstruksi untuk mendapatkan watermark hasil ekstraksi.

C. Pengujian PNSR (Peak Signal to Noise Ratio)

Pengujian PSNR ini dilakukan pada citra yang telah disisipi watermark (citra *ber-watermark*), yaitu dengan membandingkan citra *ber-watermark* dengan citra *host*. Untuk mendapatkan nilai PSNR, kita harus menghitung terlebih dahulu nilai *Mean Squared Error* (MSE) dari suatu citra *ber-watermark*.

Tabel 3
Tabel Nilai MSE dan PSNR dari Hasil Pengujian.

| No | File Name | PSNR | | |
|------------------|-----------|---------|---------|---------|
| | | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
| 1 | Uji 1 | 33.3545 | 33.4293 | 33.5541 |
| 2 | Uji 2 | 28.8816 | 28.9113 | 28.9546 |
| 3 | Uji 3 | 30.3474 | 30.381 | 30.4152 |
| 4 | Uji 4 | 32.7328 | 32.8076 | 32.9324 |
| 5 | Uji 5 | 28.2598 | 28.2895 | 28.3329 |
| 6 | Uji 6 | 29.7257 | 29.7593 | 29.7935 |
| 7 | Uji 7 | 33.3624 | 33.4372 | 33.562 |
| 8 | Uji 8 | 28.8895 | 28.9192 | 28.9625 |
| 9 | Uji 9 | 30.3553 | 30.3889 | 30.4231 |
| Rata-rata | | 29.9107 | 29.9464 | 29.9912 |

Tabel 4
Tabel Waktu berdasarkan Levelnya.

| No | File Name | Waktu | | |
|------------------|-----------|---------|---------|---------|
| | | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
| 1 | Uji 1 | 0.0753 | 0.0757 | 0.1129 |
| 2 | Uji 2 | 0.0535 | 0.0761 | 0.0964 |
| 3 | Uji 3 | 0.0518 | 0.0754 | 0.0938 |
| 4 | Uji 4 | 0.0529 | 0.0773 | 0.1272 |
| 5 | Uji 5 | 0.0578 | 0.0727 | 0.1015 |
| 6 | Uji 6 | 0.0489 | 0.0759 | 0.0979 |
| 7 | Uji 7 | 0.0553 | 0.0824 | 0.0954 |
| 8 | Uji 8 | 0.053 | 0.0759 | 0.1756 |
| 9 | Uji 9 | 0.0511 | 0.0798 | 0.0939 |
| Rata-rata | | 0.0476 | 0.0792 | 0.1218 |

D. Pengujian Ketahanan Terhadap Noise

Pengujian terhadap kehandalan / ketahanan dari citra *ber-watermark* dapat dilakukan dengan memberi serangan (*noise*). Ada empat macam *noise* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *noise Poisson*, *noise Gaussian*, *noise Salt & Pepper*, dan *noise Speckle*.

E. Analisis Hasil Pengujian

Hasil pengujian sistem, dengan menggunakan variasi warna citra pada DWT2, dapat menghasilkan citra *ber-watermark* sebagai hasil proses penyisipan watermark yang tidak berebeda jauh dengan citra *host*-nya. Hal ini dibuktikan dengan skala nilai PSNR sekitar 30 yang merupakan nilai PSNR yang tergolong baik.

Hasil dari pengujian ketahanan metode ini terhadap *noise* masih tergolong kurang baik, hal ini bisa dilihat dari hasil rekonstruksi watermark yang dilakukan setelah citra *ber-watermark* diberi *noise*.

Hasil dari pengujian *noise* bahwa semakin kecil nilai parameter *noise*, maka semakin bagus kualitas citra atau semakin tinggi ketahanan citra terhadap *noise*. Selain itu, semakin tingginya standar deviasi citra *host* dan citra watermark maka semakin tahan citra terhadap *noise*. Ketiga, semakin tingginya level dekomposisi, maka semakin tinggi juga ketahanan citra terhadap *noise*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan pada teknik *invisible watermarking* digital menggunakan metode *descrete wavelet transform*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dekomposisi citra *digital* menggunakan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dalam tugas akhir ini telah berhasil dilakukan dengan cara mengambil koefisien *wavelet* dari citra tersebut, koefisien *wavelet* juga yang

digunakan untuk dapat merekonstruksi citra kembali menggunakan *Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT)*.

2. Aplikasi *watermarking* yang telah dibuat memiliki tingkat *invisibility* yang bagus, artinya *watermark* yang disisipkan tidak terlihat, hal ini dapat dibuktikan dengan nilai PSNR yang cukup tinggi.
3. Aplikasi *watermarking* yang telah dibuat juga memiliki tingkat *readability*, artinya hal ini dapat dilihat dari perbandingan citra *watermark* dengan citra *watermark* hasil rekonstruksi, dan citra ber-*watermark* dengan citra *host*.
4. Karena pada proses penyisipan citra *host* dan citra *watermark* serta proses uji *noise* yang menggunakan parameter, maka dapat ditarik kesimpulan terhadap nilai parameter. Semakin kecil nilai parameter, maka semakin bagus kualitas citra *digital* pada proses penyisipan atau semakin tinggi ketahanan citra *digital* terhadap *noise*.
5. Dekomposisi citra *digital* yang menggunakan DWT2 dalam tugas akhir ini adalah pada level 1, level 2, dan level 3. Semakin tingginya level dekomposisi, maka semakin tinggi juga kualitas citra *digital* dan ketahanan citra *digital* terhadap *noise*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gonzalez, R.C., E.W., *Digital Image Processing*. United State of America: Prentice-Hall. Inc, 2008.
- [2] W. Sutoyo T, Mulyanto E, Suhartono V, Nurhayati O. D, *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [3] R. Munir, "Sekilas Image Watermarking untuk Memproteksi Citra Digital dan Aplikasinya pada Citra Medis," Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [4] N. Tuakia, N.M., Suprpto, & Yudistira, "Implementasi Watermarking Pada Citra Medis Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT)," Universitas Brawijaya.
- [5] W. Wong, Ny poi., & Cahyadi, "Rancang Bangun Aplikasi Watermarking Pada Gambar Dengan Algoritma Digital Semipublic," 2012.
- [6] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [7] Alfatwa, *Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform*. Bandung: Institute Teknologi Bandung, 2009.
- [8] M. F. A. P. P. Kutter, "A Fair Benchmark for Image Watermarking Systems," *Int. Soc. Opt. Eng.*, 1999.
- [9] A. R. Hakim, "Analisa Perbandingan Watermarking Image Menggunakan Discrete Wavelet Transform," Universitas Indonesia, 2012.
- [10] D. Syahbana, Yoanda Alim, "Algoritma Penyisipan Frame untuk Peningkatan Akurasi Metode Aligned Peak Signal-to-Noise Ratio dalam Pengukuran Kualitas Video," *J. Komput. Terap.*, vol. 1, no. 2, 2015.