

ANALISA DAN IMPLEMENTASI VIDEO WATERMARKING MENGGUNAKAN STANDAR H.751

Video Watermarking Analysis and Implementation Using H.751 Standard

¹Karina Diah Permatasari

²Dr., Ir. Bambang Hidayat, DEA.

³Inung Wijayanto, ST., MT

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro – Telkom University

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

karinadp8@gmail.com

bbh@stttelkom.ac.id

inw.blog.ittelkom.ac.id

ABSTRAK

Watermarking merupakan suatu bentuk dari Steganography (teknik untuk menyembunyikan suatu informasi pada suatu media tanpa perubahan yang berarti pada media tersebut). Teknik watermarking akan menyisipkan informasi digital yang disebut watermark ke dalam suatu data digital yang disebut carrier/medium. Watermark yang disisipkan dapat berupa teks biasa, audio, citra maupun video tergantung dari kemampuan media yang ditumpanginya.

Watermarking biasanya dilakukan untuk perlindungan hak cipta terhadap suatu data digital sesuai dengan standar ITU-T H.751. Tugas akhir ini membahas mengenai sistem watermarking pada video yang ditumpanginya watermark berupa video juga. Metode yang digunakan adalah metode DWT (Discrete Wavelet Transform). Dari hasil video watermarking tersebut, akan diukur parameter objektif MSE dan PSNR, kemudian dilakukan penilaian secara subjektif MOS untuk menentukan kualitas videonya.

Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah sistem watermarking yang memiliki toleransi penurunan kualitas yang baik, tahan terhadap gangguan, dan kualitas video terwatermark yang mendekati video aslinya, dengan nilai rata-rata MSE sebesar 2.48 dB dan nilai rata-rata PSNR sebesar 44.26 dB.

ABSTRACT

Watermarking is one kind of steganography (a technique for hiding information on a medium without a significant change in the media). Watermarking techniques are used to insert digital information called watermark into a digital data called carrier / medium. The embedded watermark can be formed as plain text, audio, image and video media depends on the ability of the host.

Watermarking is also usually used for copyright protection of digital data in accordance with ITU-T standard H.751. This thesis explained about a video watermarking system which carrying a watermark that formed as video message as well. The method that used in this thesis is DWT (Discrete Wavelet Transform). From the results of the watermarking video, there would be objectively measured parameters such as MSE and PSNR, and also there would be subjectively valuation from MOS parameter to determine the quality of the video.

The outcomes of this thesis are the watermarking system which has good quality degradation tolerance, resistance of interference, and the watermarked video quality that approaching original video, with the amount of MSE 2.48 dB and amount of PSNR 44.26 dB

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengetahuan manusia saat ini terutama mengenai teknologi komputer dan internet sudah sangat maju. Hal ini menyebabkan komputer dan internet menjadi *user friendly*, dimana setiap orang dapat dengan mudah mengakses serta dapat saling berbagi informasi dalam bentuk media digital. Media digital dapat berupa teks, audio, video dan citra. Internet sendiri merupakan sarana yang sangat baik untuk pertukaran media digital karena murah dan proses pengiriman datanya bisa dikatakan sangat cepat. Tetapi, kemudahan-kemudahan tersebut seringkali disalahgunakan oleh pihak yang

tidak bertanggung jawab. Seperti yang kita ketahui, sekarang ini pembajakan dan pengklaiman hak cipta di dunia maya sedang marak terjadi. Pembajakan yang terjadi tidak hanya seputar video atau musik saja, tetapi juga dalam media gambar atau citra.

Pembajakan tentu saja sangat merugikan bagi penciptanya, oleh karena itu pemilik hak cipta membutuhkan teknologi yang dapat melindungi karyanya dari pembajakan atau penyalahgunaan lainnya. Sesuai dengan standar ITU-T H.751, salah satu metode perlindungan hak cipta adalah dengan menggunakan teknik watermarking. Watermarking merupakan salah satu cabang dari ilmu

steganography, yaitu teknik penyisipan informasi kedalam media data digital seperti citra, audio dan video secara rahasia.

Teknik watermarking bisa dilakukan dengan berbagai cara, yaitu watermark yang ditanamkan pada domain spasial atau pixel, atau bisa juga pada domain frekuensi. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan watermarking menggunakan metode DWT (Discrete Wavelet Transform) atau Transformasi Wavelet Diskrit, karena dari hasil penelitian oleh Orea Flores, .dkk menunjukkan bahwa metode DWT dapat menghasilkan kapasitas penyisipan yang lebih besar dan tingkat keamanan yang cukup tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode lain yang ada seperti DCT (Discrete Cosine Transform).

Pengimplementasian watermarking akan dilakukan pada file video dengan watermarknya berupa file video juga. Video adalah file yang terdiri dari frame-frame gambar, sehingga memiliki kapasitas penyisipan yang lebih besar dibanding file image/citra. Format file video media penyisipan atau video asli dan video watermark yang dipilih adalah file video AVI jenis uncompressed (full frame), karena format AVI dapat menyimpan secara langsung frame gambar pada struktur filenya.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya Tugas Akhir ini adalah melakukan penyisipan pesan file berformat AVI ke dalam file asli berformat AVI, mengekstraksi pesan yang telah disisipkan, rancang aplikasi watermarking video yang memiliki faktor security yang baik sesuai dengan standar H.751, dan rancang kualitas video terwatermark yang memiliki toleransi penurunan kualitas yang baik dengan menggunakan parameter obyektif PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan parameter subyektif MOS (*Mean Opinion Score*).

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka dapat dijabarkan beberapa rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, diantaranya:

- Bagaimana memanfaatkan metode DWT dalam proses penyisipan pesan watermark ke dalam sebuah file video?
- Bagaimana agar sistem watermarking video yang dibuat memiliki faktor security yang baik dengan standar H.751?
- Bagaimana menjaga kualitas video yang telah disisipkan pesan watermark?

1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dijadikan batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- Metode yang digunakan pada teknik watermarking adalah metode DWT.
- Media penyimpanan data yang dipakai adalah video digital dengan format AVI yang belum terkompresi.
- Data yang disisipkan berupa video dengan format AVI tetapi dengan jumlah frame yang lebih sedikit dari video digital yang akan disisipkan.
- Analisa kualitas watermarking menggunakan parameter MSE, PSNR, dan pengujian kualitas video dilakukan terhadap *robustness* sistem.
- Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat aplikasi video watermarking adalah Matlab R2012b.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab bahasan. Penjelasannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai teori dasar yang mendasari dan mendukung penelitian tugas akhir ini seperti watermarking, video format AVI, PSNR, Wavelet, dan Standar ITU-T H.751.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas proses perancangan sistem watermarking menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* dan standar H.751.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang pengujian sistem dan analisis terhadap hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil Tugas Akhir dan saran untuk pengembangan-pengembangan lebih lanjut.

2. Landasan Teori

2.1 ITU-T H.751

Standar ITU-T H.751 mendefinisikan makna umum dari elemen RII (Rights Information Interoperability) terhadap sebuah sistem. Standar ini menjelaskan tentang kekuatan informasi hak pengguna seperti konten ID, izin penerbit ID dan ID penerima izin, dalam sebuah konten digital. RII itu sendiri berguna untuk memberikan klasifikasi deskriptif dan kontekstual untuk mewakili informasi hak menggunakan kerangka izin atau biasa dikenal dengan hak cipta.

Dalam jurnal ITU-T H.751 juga dijelaskan metode-metode perlindungan hak cipta pada konten digital. Seperti penggunaan watermark digital, rights report, atau digital copy protection.

Right Reports merupakan salah satu metode perlindungan hak cipta yang hanya mengizinkan pemilik data original dan pihak-pihak yang memiliki konten ID untuk mengubah, dan mengunduh data laporan dalam aplikasi terkait. Selama ada ID, izin atau tanda pengenal kepemilikan hak cipta, pihak tersebut dapat dengan bebas menambahkan fungsionalitas terhadap data atau laporan yang dilindungi tersebut, dengan kata lain pemilik hak cipta memiliki kontrol penuh atas konten laporan.

Berbeda dengan metode sebelumnya, digital copy protection adalah perlindungan salinan digital untuk mencegah penyalinan konten audio dan video pada seluruh koneksi. Jenis koneksi termasuk DisplayPort (DP), Digital Visual Interface (DVI), dan High-Definition Multimedia Interface (HDMI), serta protokol seperti Gigabit Video Interface (GVIF). Sistem ini dimaksudkan untuk menghentikan konten yang dienkripsi pada perangkat yang telah dimodifikasi untuk menyalin konten.

Adapun pada tugas akhir ini, standar H.751 yang akan digunakan adalah penerapan watermark digital sebagai sebuah indikator perlindungan hak cipta dari konten digital terkait [1].

2.2 Watermarking

Watermarking atau tanda air dapat diartikan sebagai suatu teknik penyisipan dan atau penyembunyian informasi yang bersifat rahasia pada suatu data lainnya untuk "ditumpangi" (kadang disebut dengan host data), tetapi orang lain tidak menyadari adanya kehadiran data tambahan pada data host-nya (Istilah host digunakan untuk data atau sinyal digital yang disisipi), sehingga seolah-olah tidak ada perbedaan berarti antara data host sebelum dan sesudah proses watermarking [8]. Disamping itu data yang sudah diberi watermark harus tahan (robust) terhadap segala perubahan baik secara sengaja maupun tidak, yang bertujuan untuk menghilangkan data watermark yang terdapat di data utamanya. Watermark juga harus tahan terhadap berbagai jenis pengolahan atau proses digital yang tidak merusak kualitas data yang diberi watermark.

Watermarking dapat juga dipandang sebagai kelanjutan cryptography, namun watermarking berbeda dengan cryptography, letak perbedaannya adalah hasil keluarannya. Hasil dari kriptografi biasanya berupa data yang berbeda dari bentuk aslinya dan biasanya datanya seolah-olah berantakan (tetapi dapat dikembalikan ke bentuk semula), sedangkan hasil keluaran dari watermarking ini memiliki bentuk persepsi yang

hampir sama dengan bentuk aslinya, tentunya oleh persepsi indera manusia, tetapi tidak oleh komputer atau perangkat pengolah digital lainnya.

Watermarking berkembang seiring dengan perkembangan jaman dengan munculnya watermarking pada media digital atau disebut dengan digital watermarking. Salah satu prinsip dalam digital watermarking adalah informasi yang disisipkan pada media digital tidak boleh mempengaruhi kualitas media digital tersebut. Jadi pada citra digital, mata manusia tidak dapat membedakan apakah citra tersebut disisipi watermark atau tidak. Oleh karena itu pada digital watermarking terdapat persyaratan bahwa digital watermark yang disisipkan dalam citra digital haruslah imperceptible atau tidak terdeteksi oleh sistem penglihatan manusia (Human Visual System) atau sistem pendengaran manusia (Human Auditory System). Digital watermarking sendiri adalah sebuah kode identifikasi yang secara permanen disisipkan kedalam data digital dengan membawa informasi yang berhubungan dengan perlindungan hak cipta dan otentikasi data.

2.2.1 Jenis-Jenis Watermarking

Pada digital watermarking terdapat empat jenis berdasarkan media digital yang disisipi, yaitu :

1. Text watermarking, watermark disisipkan pada media digital seperti dokumen atau teks.
2. Image watermarking, watermark disisipkan pada citra digital.
3. Audio watermarking, watermark disisipkan pada file audio digital, seperti mp3, mpeg, dan sebagainya.
4. Video watermarking, watermark disisipkan pada gambar bergerak atau disebut dengan video digital.

2.2.2 Type Watermarking

Pada dasarnya terdapat dua jenis type watermark yaitu :

1. *Visible*
Dikatakan visible karena 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 dari stasiun televisi yang ada pada sudut kanan atau kiri atas televisi.
2. *Invisible*
Dikatakan Invisible karena 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, dengan cara mengekstrak gambar yang terwatermark.

2.2.3 Klasifikasi Watermarking

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

- a. 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), dan teknik adaptive spatial-domain watermarking.
- b. 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).

2.2.4 Parameter Kualitas Watermarking

- a. Security, ukuran security ditentukan oleh tingkat keamanan data rahasia yang disisipkan ke dalam suatu medium. Salah satu teknik untuk meningkatkan security adalah dengan menambahkan suatu algoritma pengacakan data sebelum disisipkan.
- b. Fidelity, dalam watermarking diukur dari tingkat perubahan kualitas medium penampung setelah dilakukan penyisipan data rahasia ke medium penampung.
- c. Robustness, suatu sistem teknik watermarking dikatakan memiliki faktor robustness yang baik jika keberadaan pesan rahasia masih dapat dideteksi setelah dilakukan modifikasi pada mediumnya. Proses modifikasi tersebut misalnya kompresi, filtering, dan rotasi.
- d. Recovery, parameter ini diukur dari tingkat keberhasilan ekstraksi data, setelah data rahasia disisipkan ke dalam suatu medium.

- e. Capacity, parameter capacity diukur dari ukuran besarnya data yang dapat disisipkan ke dalam suatu medium.

2.3 Audio Video Interleave

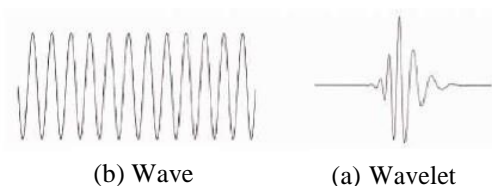
AVI adalah format file penyimpan data-data multimedia. AVI diperkenalkan pertama kali oleh Microsoft pada November 1992 sebagai bagian dari teknologi video dalam platform Microsoft Windows. Format file AVI dapat menyimpan data video dan audio dan dapat memainkan kedua jenis data tadi secara bersamaan.

AVI memiliki jenis codec yang berbeda-beda seperti halnya MPEG yang memiliki jenis berbeda-beda (mpeg1, mpeg2, mpeg4). Dalam tugas akhir ini, digunakan file avi yang berjenis AVI uncompressed atau dapat juga disebut file AVI full frames. Suatu file multimedia dengan format AVI uncompressed memiliki informasi frame-frame gambar yang disimpan dengan menggunakan format Bitmap tiga layer warna 8 bit, jadi untuk satu pixel data Bitmap akan disimpan dalam wadah berukuran 24 bit.

Format file AVI termasuk salah satu format yang menggunakan metaformat RIFF (Resource Interchange File Format) yang membagi data ke dalam bagian-bagian atau blok-blok yang disebut "chunk". Setiap chunk diidentifikasi dengan tag-tag tertentu, dimana masing-masing tag memiliki kode unik empat bytes.

2.4 Wavelet

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



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, dll [2].

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 [3].

Transformasi *wavelet* merupakan perbaikan dari transformasi *fourier*. Pada transformasi *fourier* hanya dapat menentukan frekuensi yang muncul pada suatu sinyal, namun tidak dapat menentukan kapan (dimana) frekuensi itu muncul. Dengan kata lain, transformasi *fourier* tidak memberikan informasi tentang domain waktu (*time domain*). Kelemahan lain dari transformasi *fourier* adalah perubahan sedikit terhadap sinyal pada posisi tertentu akan berdampak atau mempengaruhi sinyal pada posisi lainnya. Hal ini disebabkan karena transformasi *fourier* berbasis *sin-cos* yang bersifat periodik dan kontinu [4].

Transformasi *wavelet* selain mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, juga dapat memberikan informasi tentang skala atau waktu. *Wavelet* dapat digunakan untuk menganalisa 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 aproksimasi terhadap *real-word signal*.

Transformasi *wavelet* memiliki dua seri dalam pengembangannya yaitu *Continous Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Semua fungsi yang digunakan dalam transformasi *CWT* dan *DWT* diturunkan dari *mother wavelet* melalui translasi atau pergeseran dan penskalaan atau kompresi. *Mother wavelet* merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet* [2]. Karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* yang digunakan dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan, maka *mother wavelet* juga akan menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet*

yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu pencatatan secara teliti terhadap penerapan *wavelet* dan pemilihan yang tepat terhadap *mother wavelet* agar dapat menggunakan transformasi *wavelet* secara efisien.

Seri pengembangan *Continuous Wavelet transform (CWT)* dipaparkan pada persamaan :

$$W_x(t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \psi^* \left(\frac{t - \tau}{s} \right) \frac{dt}{s} \quad (2.1)$$

$x(t)$ merupakan sinyal yang akan dianalisis, $\psi(t)$ adalah *mother wavelet* atau fungsi dasar yang dipilih. τ merupakan parameter translasi yang berhubungan dengan informasi waktu pada transformasi *wavelet*. Parameter skala s didefinisikan sebagai $(1/\text{frekuensi})$ dan berhubungan dengan informasi frekuensi. Dengan adanya penskalaan ini sinyal dapat diperbesar atau dikompresi. Penskalaan besar (frekuensi rendah) menyebabkan sinyal diperbesar dan dapat memberikan informasi detil yang tersembunyi di sinyal, sedangkan penskalaan kecil (frekuensi tinggi) menyebabkan kompresi sinyal dan memberikan informasi global dari sinyal. Seri pengembangan kedua dari transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet transform (DWT)*. Seri pengembangan ini merupakan seri *CWT* yang didiskritkan. Dengan pendiskritan *CWT* ini maka perhitungan dalam *CWT* dapat dibantu dengan menggunakan komputer.

2.6.1 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Dasar dari *DWT* dimulai pada tahun 1976 dimana teknik untuk mendekomposisi sinyal waktu *discrete* ditemukan [2]. Di dalam *CWT*, sinyal dianalisis menggunakan seperangkat fungsi dasar yang saling berhubungan dengan penskalaan dan transisi sederhana. Sedangkan di dalam *DWT*, 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.

Filterisasi sendiri merupakan sebuah fungsi yang digunakan dalam pemrosesan sinyal. *Wavelet* dapat direalisasikan menggunakan iterasi filter dengan penskalaan. Resolusi dari sinyal, yang merupakan rata-rata dari jumlah detil informasi dalam sinyal, ditentukan melalui filterisasi ini dan skalanya didapatkan dengan *upsampling* dan *downsampling (subsampling)*.

Sebuah sinyal harus dilewatkan dalam dua filterisasi *DWT* yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter* agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis. Analisis sinyal dilakukan terhadap hasil filterisasi *highpass filter* dan *lowpass filter* di mana *highpass filter* digunakan untuk menganalisis

frekuensi tinggi dan *lowpass filter* 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*, seperti yang telah disinggung pada bagian transformasi *wavelet* [5].

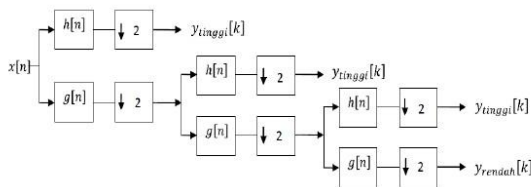
Pembagian sinyal menjadi frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dalam proses filterisasi *highpass filter* dan *lowpass filter* disebut sebagai dekomposisi [6]. Proses dekomposisi dimulai dengan melewati sinyal asal melewati *highpass filter* dan *lowpass filter*. Misalkan sinyal asal ini memiliki rentang frekuensi dari 0 sampai dengan π rad/s. Dalam melewati *highpass filter* dan *lowpass filter* ini, rentang frekuensi *di-subsample* menjadi dua, sehingga rentang frekuensi tertinggi pada masing-masing *subsample* menjadi $\pi/2$ rad/s. Setelah filterisasi, setengah dari *sample* atau salah satu *subsample* dapat dieliminasi berdasarkan aturan Nyquist [9]. Sehingga sinyal dapat selalu *di-subsample* oleh 2 ($\downarrow 2$) dengan cara mengabaikan setiap *sample* yang kedua.

Proses dekomposisi ini dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat ditulis dengan ekspresi matematika pada persamaan :

$$y_{tinggi}[k] = \sum_n x[n] h[n-2k] \quad (2.2)$$

$$y_{rendah}[k] = \sum_n x[n] g[n-2k] \quad (2.3)$$

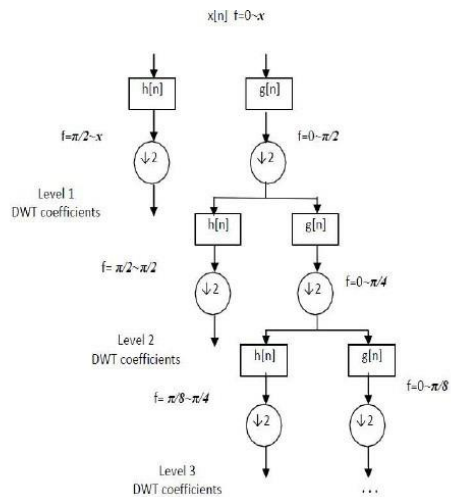
$y_{tinggi}[k]$ dan $y_{rendah}[k]$ yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*, $x[n]$ merupakan sinyal asal, $h[n]$ adalah *highpass filter*, dan $g[n]$ adalah *lowpass filter*. Untuk dekomposisi lebih dari satu tingkat, prosedur pada persamaan diatas dapat digunakan pada masing-masing tingkatan. Contoh penggambaran dekomposisi dipaparkan pada Gambar di bawah dengan menggunakan dekomposisi *wavelet* tiga tingkat :



Pada gambar diatas, $y_{tinggi}[k]$ dan $y_{rendah}[k]$ yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*, $y_{tinggi}[k]$ disebut sebagai koefisien *DWT*. $Y_{tinggi}[k]$ merupakan detail dari informasi sinyal, sedangkan $y_{rendah}[k]$ merupakan taksiran kasar dari fungsi penskalaan. Dengan menggunakan koefisien *DWT* ini maka dapat dilakukan proses *Inverse Discrete Wavelet transform (IDWT)* untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal.

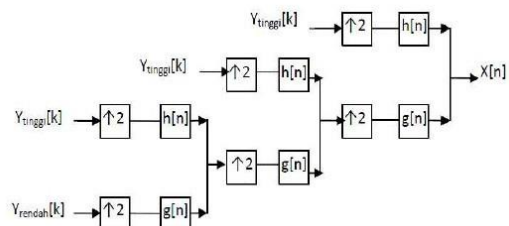
Proses rekonstruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi.

DWT menganalisis sinyal pada frekuensi berbeda dengan resolusi yang berbeda melalui dekomposisi sinyal sehingga menjadi detail 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* [3]. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dekomposisi ini didasarkan pada aturan *Nyquist* yang salah satunya mengatakan bahwa frekuensi komponen *sample* harus kurang atau sama dengan setengah dari frekuensi *sampling*. Jadi diambil frekuensi *sample* $\pi/2$ dari frekuensi *sampling* π dalam *subsample* oleh 2 pada dekomposisi *wavelet*. Sebagai penggambaran dekomposisi *wavelet* dengan sinyal asal $x[n]$ yang memiliki frekuensi maksimum $f = \pi$ dipaparkan pada di bawah ini.



Untuk mendapatkan hasil rekonstruksi setelah didekomposisi maka langkah awal proses rekonstruksi diawali dengan menggabungkan koefisien *DWT* dari yang berada pada akhir dekomposisi dengan sebelumnya meng-*upsample* 2 ($\uparrow 2$) melalui *highpass filter* dan *lowpass filter*. Proses rekonstruksi ini sepenuhnya merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi.

Proses rekonstruksi *wavelet* untuk mendapatkan sinyal asal dengan tiga tingkatan digambarkan pada Gambar di bawah ini.



3. Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan sistem watermarking pada media video sehingga watermark dapat disisipkan pada nilai piksel yang tidak sensitif dengan penglihatan manusia. Dan juga akan dijelaskan cara mengekstrak watermark yang sudah disisipkan di dalam media video.

3.1 Deskripsi Sistem Video Watermarking

Dalam implementasi dan perancangan sistem ini akan dibangun sistem yang mensimulasikan video watermarking dengan metode DWT. Simulasi sistem video watermarking pada tugas akhir ini terdiri atas bagian *embedding* (penyisipan watermark) dan bagian ekstraksi watermark.

3.2 Proses Embedding

Bagian ini akan dibahas teknik watermarking yang menggunakan metode DWT untuk proses penyisipan watermark tersebut.

3.2.1. Akuisisi Video

Pada bagian ini ada dilakukan pengambilan video sebagai video host yang akan disisipkan video watermark. Video yang digunakan berformat AVI karena tidak memerlukan kompresi lagi untuk dilakukan penyisipan watermark. Video host yang digunakan dalam tugas akhir ini memiliki perbandingan resolusi 4:3 yaitu dengan ukuran 240p (320×240). Kemudian dari setiap video tersebut akan diproses untuk dapat disisipkan video watermark. Hasil akuisisi video adalah frame video yang merupakan sebuah data yang berisi frame-frame tiap durasi dari video host yang digunakan. Sebuah frame dari video merupakan citra RGB dengan resolusi sesuai resolusi dari video.

3.2.2. Pemilihan Frame

Pada video watermark dilakukan pemilihan frame mana saja yang akan digunakan untuk proses *embedding*. Pada tugas akhir ini digunakan pilihan frame dari frame pertama sampai frame ke-*n* secara berurut yaitu 1 frame, 10 frame, 20 frame, atau full frame. Untuk pemilihan full frame berarti akan digunakan semua frame video watermark pada proses *embedding*.

3.2.3. Penyisipan

Pada dasarnya citra asli yang disisipkan oleh *watermark* ditransformasi ke dalam empat *sub-band* yaitu LL, LH, HL, dan HH. Sub-band LL adalah koefisien aproksimasi atau perkiraan kasar dari citra asli. Sub-band LH dan HL merekam perubahan pada citra sepanjang arah horizontal dan vertikal secara berurutan. Sub-band HH menunjukkan komponen frekuensi tinggi pada citra asli. Sub-band HL, LH, dan HH disebut juga koefisien detail. Setiap *sub-band* tersebut mempunyai karakteristik citra

yang berbeda satu sama lain, hal ini disebabkan oleh ukuran matriks piksel yang berbeda dari setiap *sub-band*.

Pada penelitian tugas akhir ini, penyisipan dilakukan pada subband HH dekomposisi level 1. Karena meskipun subband HH memiliki energi yang kecil, tetapi faktor *hiddennya* paling baik dibandingkan subband lainnya, sehingga watermark dapat disembunyikan dengan baik pada subband ini.

Data *watermark* ini dapat dianggap serangkaian bilangan *w* dengan panjang *L*, yang disisipkan pada koefisien rentang frekuensi yang dipilih *f*.

$$f^0 = f + 2.3! \quad (3.1)$$

dimana α merupakan konstanta untuk menentukan kekuatan penyisipan watermark. f' adalah koefisien sinyal asal yang telah dimodifikasi dan *w* adalah watermark.

3.3. Proses Ekstraksi

Pada bagian ini akan dibahas teknik pengekstraksian video watermarking. Pada proses ekstraksi yang dibutuhkan sebuah video watermarking yang telah disisipkan video watermark dan key.

4. Pengujian dan Analisis Hasil

Untuk mengetahui performansi sistem yang telah dirancang, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dikembangkan. Dalam pengujian akan diukur seberapa besar tingkat keberhasilan sistem yang dirancang dengan melakukan analisis terhadap beberapa parameter.

Pada bab ini membahas mengenai pengujian dan analisis hasil simulasi sistem watermarking video untuk mengetahui kinerjanya.

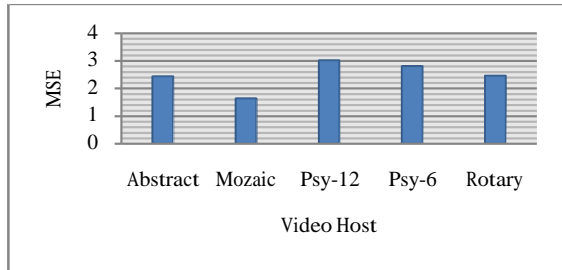
4.1 Pengujian Sistem

Setelah dilakukan simulasi sistem watermarking video dengan metode DWT ini, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengukuran terhadap sistem tersebut. Tujuan dari tahap pengujian ini adalah:

1. Mendapatkan tempat penyisipan watermark yang tepat dan mendapatkan nilai SNR dan MSE yang baik.
2. Mengetahui pengaruh banyak frame video watermark yang disisipkan pada suatu video host terhadap nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) dan MSE (*Mean Square Error*).
3. Mengetahui tingkat kehandalan sistem watermarking dengan metode penyisipan tertentu jika dikenai serangan.

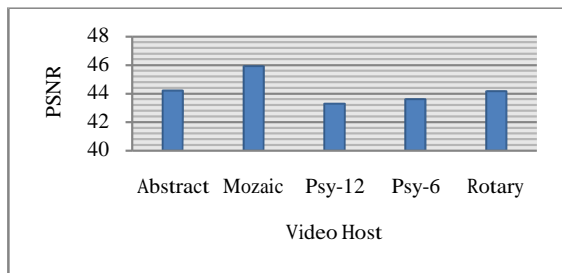
4.2 Hasil Pengujian dan Analisis

- 4.2.1. Hasil pengujian pengaruh jumlah frame pada video host dengan menggunakan watermark yang sama



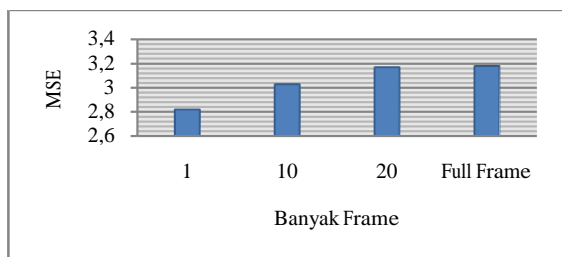
Gambar di atas menunjukkan nilai MSE terkecil terdapat pada video host dengan jumlah frame paling sedikit, yaitu video Mozaic dengan jumlah frame sebanyak 35 frame. Begitupun sebaliknya, nilai MSE terbesar terdapat pada video

host dengan jumlah frame paling banyak pula, yaitu video Psy-12 dengan jumlah frame sebanyak 274 frame. Semakin kecil nilai MSE, maka error yang terjadi pada video terwatermark semakin sedikit, yang berarti kualitas videonya semakin baik.

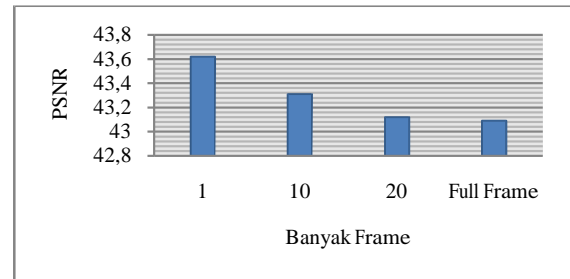


Gambar selanjutnya menunjukkan grafik nilai PSNR pada video watermarking yang didapat dari penurunan nilai MSE, yaitu apabila MSE semakin kecil maka nilai PSNR akan semakin besar. Nilai PSNR juga dapat menunjukkan kualitas dari video watermarking. Besarnya nilai PSNR berarti kualitas video watermarkingnya baik pula. Dari grafik diatas dapat dilihat kualitas video watermarking paling baik terjadi saat video watermark disisipkan pada video host dengan jumlah frame paling sedikit, yaitu video Mozaic.

4.2.2. Hasil pengujian pengaruh banyak frame penyisipan watermark

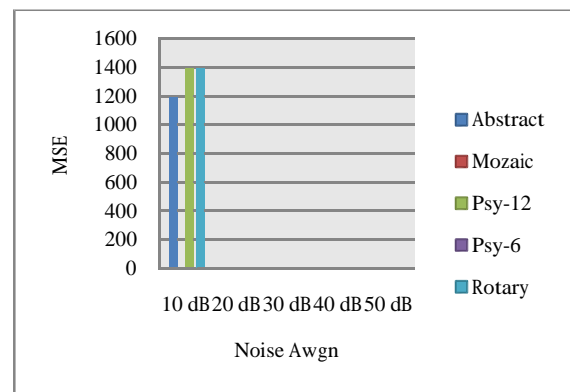


nilai MSE terbesar jadi ketika jumlah frame video host yang disisipi adalah full frame. Semakin kecil nilai MSE, maka error yang terjadi pada video terwatermark semakin sedikit, yang berarti kualitas videonya semakin baik.



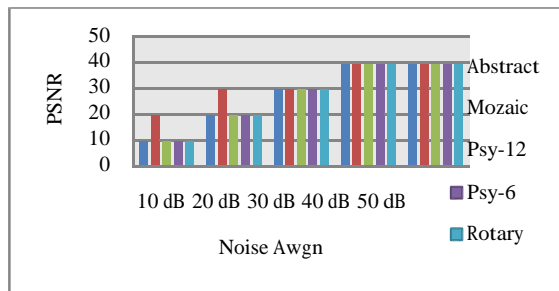
Sedangkan gambar di atas menunjukkan grafik nilai PSNR pada video watermarking yang didapat dari penurunan nilai MSE, yaitu apabila MSE semakin kecil maka nilai PSNR akan semakin besar. Nilai PSNR juga dapat menunjukkan kualitas dari video watermarking. Besarnya nilai PSNR berarti kualitas video watermarkingnya baik pula. Dari grafik diatas dapat dilihat kualitas video watermarking paling baik terjadi saat jumlah frame video host yang disisipi paling sedikit, yaitu 1 frame saja.

4.2.3. Hasil pengujian pengaruh ketahanan sistem watermarking saat diberi gangguan



Gambar di atas menunjukkan perbedaan yang signifikan pada nilai MSE video watermarking ketika diberi noise Awgn. Error yang terjadi pada video watermarking terlihat sangat besar nilainya pada saat noise yang diberikan memiliki SNR 10 dB. Sedangkan perbandingan nilai MSE ketika diberi noise Awgn 20 dB hingga 50 dB tidak begitu tampak perbedaannya, atau nilai MSE yang didapatkan hampir sama.

Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai MSE terkecil terjadi ketika jumlah frame video host yang disisipi hanya 1 frame. Begitupun sebaliknya,



Gambar terakhir menunjukkan perubahan nilai PSNR ketika video watermarking diberi noise Awgn 10 dB sampai 50 dB. Nilai PSNR pada video watermarking didapat dari penurunan nilai MSE, yaitu apabila MSE semakin kecil maka nilai PSNR akan semakin besar. Nilai PSNR juga dapat menunjukkan kualitas dari video watermarking. Besarnya nilai PSNR berarti kualitas video watermarkingnya baik pula. Dari grafik diatas dapat dilihat kualitas video watermarking paling baik terjadi saat video watermarking diberikan noise Awgn 50 dB.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan suatu sistem video watermarking dengan metode DWT memiliki nilai MSE dan PSNR hasil watermarking yang cukup baik.
2. Semakin banyak jumlah frame video host akan memiliki nilai MSE yang semakin besar apabila disisipkan video watermark yang sama.
3. Semakin banyak jumlah frame penyisipan akan memiliki nilai MSE yang semakin besar apabila disisipkan pada video host yang sama.
4. Metode DWT memiliki ketahanan terhadap noise white gaussian blur ketika besar snr per sampel yang diinputkan berkisar antara 30 dB sampai 50 dB dengan nilai PSNR hasil watermark sebesar 43,09 dB.
5. Video Mozaic memiliki nilai MSE paling rendah dan nilai PSNR paling tinggi, sedangkan video Psy-12 memiliki nilai MSE paling tinggi dan nilai PSNR paling rendah.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada dan diharapkan dapat mengembangkan yang apa yang telah dilakukan pada penelitian ini. Untuk itu disarankan hal-hal berikut.

1. Mengubah citra cover fengan format cover lain (MPEG, Blueray, dll) untuk dapat disisipkan berkas data *copyright*.

2. Mengembangkan lagi program ini agar proses penyisipan dapat lebih dipercepat dengan metode-metode lain.
3. Dikombinasikan dengan metode lain seperti DCT, *psychoacoustic model*, *wavelet*, dan lain-lain.
4. Aplikasi ini perlu dikembangkan lagi agar dapat menyisipkan berkas data kepemilikan dalam ukuran yang lebih besar dan format watermark lain (barcode, voice, dll).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *H.751, Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. ITU-T*, 2013.
- [2] **Sripathi, Deepika.** *Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transform*. Florida : Florida State University, 2003.
- [3] **Polikar, Robi.** *Multi Resolution Analysis: The Discrete Wavelet Transform*. Iowa : Iowa State University, 1998.
- [4] **Putra, Damar.** *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Andi Offset, 2010.
- [5] **Cahyana, Basaruddin and Jaya, Danang.** *Teknik Watermarking Citra Berbasis SVD*. s.1 : National Conference on Computer Science & Information, 2007.
- [6] **Terjiza, Natasa.** *Robust Digital Image Watermarking Algorithms for Copyright Protection*. Essen : Univesity of Duisburg-Essen, 2006.
- [7] **Alfatwa, Dean Fathony.** *Watermarking pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform*. Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [8] **Juanda, K and Supangkat, Suhono H.** *Watermarking Sebagai Teknik Penyembunyian Hak Cipta pada Data Digital*. Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2000.