Pengembangan Aplikasi Audio Watermarking Menggunakan Fitur Auditory

Audio Watermarking Application Development Using Auditory Features

Jepri Banjarnahor^{1)*}, Sugandi Chau¹⁾, Syahrian Peralla Munte¹⁾, Ira Monalisa¹⁾ & Intan Anggraini¹⁾

1) Universitas Prima Indonesia Medan, Indonesia

*Corresponding Email: jepribanjarnahor@unprimdn.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dapat menimbulkan pelanggaran hak cipta pada konten musik digital semakin sering terjadi. Sebagai bentuk usaha perlindungan hak cipta pada konten musik digital, digunakan suatu teknik audio *Watermarking* untuk menyisipkan tanda bukti kepemilikan pada konten musik digital. *Watermarking* merupakan suatu teknik menyembunyikan data atau informasi pada suatu *digital* (gambar, suara dan video) dan tidak terlihat oleh mata biasa dan tahan terhadap proses digitalisasi (*editing media, noising, blurring, dll*). Sedangkan *Audio Watermarking* diartikan sebagai suatu teknik menyembunyikan data dan informasi rahasia kedalam suatu data audio untuk "ditumpangi" (*audio host*), tetapi orang lain tidak mengetahui keberadaan data tambahan pada data *host*-nya. *Phase Coding* adalah menyembunyikan data dengan cara menukarkan fase asli segmen inisial dari sinyal suara dengan fase *absolute* dari sinyal *Watermarking* dengan tetap menjaga fase *relative* antara segmen sinyal menggunakan beda fase segmen dari sinyal asli. Ketika beda fase antara sinyal asli dan sinyal yang dimodifikasi adalah kecil, maka perbedaan suara yang dihasilkan tidak terdeteksi oleh pendengaran manusia. Untuk mengenali kepemilikan konten multimedia, dilakukan pengujian terlebih dahulu dengan menggabungkan *file cover* dan *Watermarking*. Hasil dari pengujian tersebut adalah *Watermarking* yang digunakan.

Kata kunci: *Audio Watermaking, Decode, Encode, Phase Coding, Watermaking.*

Abstract

Technological developments can lead to copyright infringement on digital music content more often. As an attempt to protect copyright in digital music content, an audio *Watermarking* technique is used to insert proof of ownership on digital music content. *Watermarking* is a technique for hiding data or information on a digital (image, sound and video) and is not visible to the ordinary eye and is resistant to digitization (*editing media, noising, blurring, etc.*). While *Audio Watermarking* is defined as a technique of hiding data or confidential information into an audio data for "boarding" (*audio host*), but other people are not aware of the existence of additional data on the data host. Coding phase is hiding data by exchanging the original phase of the initial segment of the sound signal with the absolute phase of the *Watermarking* signal, while maintaining the relative phase between the signal segments using different phase segments of the original signal. When the phase difference between the original signal and the modified signal is small, the difference in sound produced is not detected by human hearing. To recognize ownership of multimedia content, testing is done first by combining the cover and *Watermarking* files. The result of the test is the *Watermarking* used.

Keywords: *Audio Watermaking; Decode, Encode, Phase Coding, Watermaking.*

How to Cite: Banjarnahor, J., Chau, S., Munte, S. P., Monalisa, I., & Anggraini, I. (2019). Pengembangan Aplikasi Audio Watermarking Menggunakan Fitur Auditory. *JITE (Journal Of Informatics Andjournal Of Informatics And Telecommunication Engineering)*. 2 (2):132-140

PENDAHULUAN

Media digital seperti video, audio dan gambar telah menggantikan peran media analog dalam berbagai aplikasi. Mudahnya pembajakan terhadap konten musik digital tanpa mengurangi kualitas musik (Nuryani, 2007) serta dengan adanya fasilitas internet sebagai suatu jaringan yang menghubungkan masyarakat luas (Turban, E. Rainer et al, 2006) untuk pengolahan konten musik digital yang semakin sulit dikendalikan. Pelanggaran terhadap konten musik digital mungkin terjadi meskipun konten musik digital tersebut diproduksi menggunakan teknologi tinggi terutama pelanggaran yang menyangkut hak cipta yang terjadi pada saat ini. Audio watermarking merupakan proses pencantuman suatu informasi ke dalam suatu file audio pencantuman tanda digital dilakukan secara tersembunyi dengan tujuan agar tidak mengurangi suatu kualitas audio (Seitz J, 2005). Keberhasilan dari penerapan media digital ini disebabkan karena beberapa kelebihan yang dimiliki media digital, seperti transmisi yang bebas derau, penyimpanan yang padat, penyalinan yang sempurna, dan kemudahan untuk melakukan pengeditan, tapi dengan keunggulan meningkatkannya ketersediaan media digital, masalah

memalsukan juga meningkat, menyebabkan dalam hal yang berkaitan dengan perlindungan kepemilikan hak cipta. Human Auditory System (HAS) jauh lebih kompleks dan kurang dieksplorasi dari Human Visual System (HVS). HAS sangat sensitif terhadap penambahan suara distribusi normal. Auditory features adalah melakukan menyaring pendengaran dengan menguraikan sinyal masukan kedalam frekuensi waktu domain menggunakan filter gammatone (D L Wang, 2006). Metode yang dipilih pada fitur auditori adalah phase coding. Kelebihan dari phase coding adalah metode yang paling efektif dari segi perbandingan sinyal suara yang ditangkap. Setiap awal segmen dibuat sedemikian rupa sehingga setiap segmen masih memiliki hubungan dan dapat menjaga kualitas suara. Phase coding bekerja berdasarkan karakteristik sistem pendengaran manusia (Human Auditory System) yang mengabaikan suara yang lebih lemah jika dua suara itu datang bersamaan. Steganography dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu protection against detection (data hiding) dan protection against removal (document marking) (Al-Haj Ali. 2011). Protection against detection (data hiding) yaitu suatu teknik untuk menyisipkan data rahasia ke

dalam suatu media digital, sehingga keberadaan data yang disisipkan tersebut tidak menimbulkan perhatian atau kecurigaan orang lain. Penyembunyian data dapat juga diaplikasikan untuk perlindungan hak cipta, untuk authentication isi digital, dan juga dalam bidang komunikasi yang bersifat rahasia. Selanjutnya didalam protection against removal (document marking) memiliki bagian, yaitu Watermarking dan fingerprinting pada dasarnya sama, hanya saja pada fingerprinting, penyisipan Watermarking biasanya bersifat unik untuk suatu dokumen multimedia. Dokumen multimedia yang sama dapat memiliki fingerprint yang berbeda (Solichin, 2010).

METODE PENELITIAN

Alur penelitian sebagai berikut :

Gambar 2. Flowchart Menu Utama.

1. Phase Coding

Phase Coding terdapat di dalam kelompok *transform domain audio Watermarking* yang bekerja dengan cara mengubah *spectral content* dalam domain frekuensi dari sinyal. *Phase Coding* bekerja berdasarkan karakteristik sistem pendengaran manusia HAS (*Human Auditory System*) yang mengabaikan suara yang lebih lemah jika dua suara itu datang bersamaan (Gordy JD et al, 2000). Secara garis besar data *Watermarking* dibuat menjadi *noise* dengan amplitudo yang lebih lemah dibandingkan amplitudo data *audio*, lalu digabungkan.

2. Encoding

Langkah-langkah untuk melakukan penyisipan *Watermarking* dengan teknik *phase coding* adalah sebagai berikut:

1. Bagi urutan suara menjadi N segmen, $s[i]$, $0 \leq i \leq L-1$, dimana setiap segmen memiliki panjang yang sama yaitu sebesar L .
2. Hitung FFT pada masing-masing segmen. Hasil dari perhitungan ini adalah berupa $X(k)$ untuk masing-masing segmen dimana $0 \leq k \leq L-1$.
3. Hitung nilai fase ϕ dan amplitudo A untuk tiap-tiap segmen dimana a k adalah bagian *real* dari nilai FFT dan b k adalah bagian *imaginer*-nya.

$$|A| = \sqrt{ak^2 + bk^2}$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left[\frac{bk}{ak} \right]$$

4. Setelah itu hitung beda fase antara fase segmen yang berdekatan.

$$\Delta\phi_{N-1}(\omega_k) = \Delta\phi_{N-2}(\omega_k) - \Delta\phi_N(\omega_k)$$

5. Fase absolut dari sinyal data Watermarking ditambahkan ke dalam beda fase yang dihasilkan. Sinyal Watermarking dengan panjang $L_w, w[j], 0 \leq j \leq L_w-1$ disajikan sebagai $\Phi_{data} = \pi/2$ atau $\Phi_{data} = -\pi/2$ yang mempresentasikan bit 1 dan 0.

6. Substitusikan fase segmen awal Φ'_0 dengan fase sinyal Watermarking Φ'_{data} .

7. Buat matriks fase untuk $N > 0$ dengan menggunakan beda fase untuk menjaga relativitas fase antara segmen suara. Hal ini dilakukan untuk menjaga kesinambungan sinyal setelah proses modifikasi fase segmen awal.

$$\begin{bmatrix} \phi'(\omega_k) = \phi'_0(\omega_k) + \Delta\phi_1(\omega_k) \\ \phi'_n(\omega_k) = \phi'_{n-1}(\omega_k) + \Delta\phi_n(\omega_k) \\ \phi'_N(\omega_k) = \phi'_{N-1}(\omega_k) + \Delta\phi_N(\omega_k) \end{bmatrix}$$

8. Gabungkan segmen-segmen yang telah dimodifikasi fasenya tersebut menjadi satu.

9. Hitung kembali nilai fase yang baru dan nilai amplitudo yang sudah dihitung sebelumnya untuk melakukan *inverse* FFT terhadap masing-masing segmen untuk mengembalikan sinyal ke domain

waktu. modifikasi FFT telah dilakukan yang dapat membantu kita menangani angka nyata atau aritmatika, yang juga dapat membantu kita mengenkripsi pita frekuensi dengan mudah (Vinita M, 2014).

3. Decoding

Decoding dilakukan dengan melakukan sinkronisasi terhadap proses *encoding*. Panjang segmen dan panjang *Watermarking* harus diketahui. Proses *decoding* memerlukan sinyal suara asli untuk melakukan pendeteksian. Langkah-langkah pendeteksian *Watermarking* yang dilakukan bisa dilihat dalam flowchart dibawah ini:

- a. Ambil n bagian pertama dari sinyal suara dimana n adalah panjang segmen *encoding* yang diketahui, $s[0] \dots s[n-1]$. Perhitungan hanya dilakukan terhadap n elemen pertama sinyal karena data *Watermarking* disisipkan hanya di segmen awal sinyal suara asli.
- b. Lakukan FFT terhadap $n-1$ sinyal tersebut, kemudian cari nilai fasenya Φ .
- c. Konversi nilai fase yang didapatkan, $\pi/2$ menjadi bit 1 dan $-\pi/2$ menjadi bit 0 sebanyak panjang bit *Watermarking*. Nilai fase dibandingkan dengan nilai fase sinyal suara asli.
- d. Didapatkan data bit-bit *Watermarking* sesuai dengan hasil konversi. Bit-bit

Watermarking dibandingkan dengan *Watermarking* asli untuk mengetahui kebenarannya. Kebutuhan fungsional dari sistem ini adalah:

4. Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform dalam bahasa indonesia adalah Transformasi Fourier Cepat adalah sumber dari suatu algoritma untuk menghitung *Discrete Fourier Transform* (transformasi fourier diskrit atau DFT) dengan cepat, efisien dan inversnya.

Fast Fourier Transform (FFT) diterapkan dalam beragam bidang dari pengolahan sinyal digital dan memecahkan persamaan diferensial parsial menjadi algoritma-algoritma untuk penggandaan bilangan integer dalam jumlah banyak. Ada pun kelas dasar dari algoritma FFT yaitu *decimation in time* (DIT) dan *decimation in frequency* (DIF). Garis besar dari kata *fast* diartikan karena formulasi FFT jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode perhitungan algoritma *fourier transform* sebelumnya (Permana S D, 2010).

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kebutuhan Fungsional

Pada bagian ini dilakukan analisis kebutuhan fungsional dari sistem.

- Input* suara yang akan diekstraksi dalam bentuk format *waveform*.
 - Perangkat lunak melakukan tahapan *encoding* dan *decoding*.
 - Menampilkan tiap-tiap tahap proses baik dalam proses *encoding* maupun *decoding*.
- ##### 2. Analisis Kebutuhan Non Fungsionalitas

Kebutuhan Non fungsional dari sistem dapat direpresentasikan dengan menggunakan kerangka PIECES, yaitu:

- Performance*: waktu perangkat lunak untuk merespon proses penyisipan dan pengestraksian suara diharapkan tidak memakan waktu yang lama.
- Information*: *file Watermarking* harus lebih kecil ukurannya daripada *file cover*.
- Economy*: Perangkat lunak tidak perlu menggunakan *hardware* yang lain, karena suara yang dimasukkan sudah tersimpan sebelumnya.
- Control*: perangkat lunak tidak bisa menyimpan hasil penyisipan ketika *file Watermarking* lebih besar daripada *file cover*.
- Efficiency*: hasil *Watermarking* yang telah dsisipkan serta *Watermarking* yang diekstraksi dapat diambil kembali untuk dibandingkan dengan hasil yang lain.

f. *Service*: user dapat dengan mudah memahami program untuk menjalankan proses penyisipan dan pengekstraksian suara.

3. Hasil Pengujian

Pada *Cover* uji pertama adalah *ringtone* lagu yang berjudul "Eagles - Hotel California.wav". Sebelumnya lagu tersebut dalam fomat MP3 yang mempunyai durasi 20 detik dan ukurannya 160 KB. Setelah *diconvert* ukuran *ringtone* tersebut berubah menjadi 3,37 MB.

Pada *Cover* uji kedua adalah *ringtone* lagu yang berjudul "Coldplay - A sky full of stars.wav". Sebelumnya lagu tersebut dalam fomat MP3 yang mempunyai durasi 23 detik dan ukurannya 191 KB. Setelah *diconvert* ukuran *ringtone* tersebut berubah menjadi 4,03 MB.

Pada *Cover* uji ketiga adalah *ringtone* lagu yang berjudul "Crazy Frog - I like to move it .wav". Sebelumnya lagu tersebut dalam fomat MP3 yang mempunyai durasi 29 detik dan ukurannya 457 KB. Setelah *diconvert* ukuran *ringtone* tersebut berubah menjadi 4,88 MB.

Pada *Cover* uji keempat adalah *ringtone* lagu yang berjudul "The Chainsmokers - Selfie.wav". Sebelumnya lagu tersebut dalam fomat MP3 yang mempunyai durasi 30 detik dan ukurannya 473 KB. Setelah *diconvert*

ukuran *ringtone* tersebut berubah menjadi 5,05 MB.

Pada *Cover* uji kelima adalah *ringtone* lagu yang berjudul "Daft Punk - Da Funk.wav". Sebelumnya lagu tersebut dalam fomat MP3 yang mempunyai durasi 40 detik dan ukurannya 627 KB. Setelah *diconvert* ukuran *ringtone* tersebut berubah menjadi 6,75 MB.

Tabel 1. Convert File Cover MP3 ke wav.

No .	Cover uji.Mp3	Dura si / Size	Cover uji.wav	Dura si / Size
1.	Eagles - Hotel California.Mp3	20 detik / 160 KB	Eagles - Hotel California.wav	20 detik / 3,37 MB
2.	Coldplay - A sky full of stars.Mp3	23 detik / 191 KB	Coldplay - A sky full of stars.wav	23 detik / 4,03 MB
3.	Crazy Frog - I like to move it .Mp3	29 detik / 457 KB	Crazy Frog - I like to move it .wav	29 detik / 4,88 MB
4.	The Chainsmokers - Selfie.Mp3	30 detik / 473 KB	The Chainsmokers - Selfie.wav	30 detik / 5,05 MB
5.	Daft Punk - Da Funk.Mp3	40 detik / 627 KB	Daft Punk - Da Funk.wav	40 detik / 6,75 MB

Berkas uji yang pertama adalah "Berkas uji6.wav". Berkas ini memiliki durasi 7 detik dan ukurannya 224 KB. Berkas uji yang kedua adalah "Berkas uji3.wav". Berkas ini memiliki durasi 14 detik dan ukurannya 448 KB. Berkas uji

yang ketiga adalah “Berkas.wav”. Berkas ini memiliki durasi 8 detik dan ukurannya 260 KB. Berkas uji yang keempat adalah “Berkas uji2.wav”. Berkas ini memiliki durasi 3 detik dan ukurannya 104 KB. Berkas uji yang kelima adalah “Berkas uji.wav”. Berkas ini memiliki durasi 11 detik dan ukurannya 348 KB.

Tabel 2. File Berkas yang Diuji.

No.	Nama file berkas uji	Durasi / Size
1.	Berkas uji6.wav	7 detik / 244 KB
2.	Berkas uji3.wav	14 detik / 448 KB
3.	Berkas.wav	8 detik / 260 KB
4.	Berkas uji2.wav	3 detik / 104 KB
5.	Berkas uji.wav	11 detik / 248 KB

Pada pengujian pertama, berkas (*Watermarking*) akan disisipkan kedalam sebagai *cover* uji. *Ringtone* “Eagles – Hotel California.wav” sebagai *cover* dan “Berkas uji6.wav” sebagai (*Watermarking*). Durasi *ringtone* tersebut adalah 20 detik dan ukurannya adalah 3,37 MB. Durasi *Watermarking* tersebut adalah 7 detik dan ukurannya 224 KB. Hasil dari penyisipan *Watermarking* ke *cover* diberi nama “Coba.wav” yang berdurasi 20 detik dan ukurannya 1,68 MB.

Pada pengujian kedua, berkas (*Watermarking*) akan disisipkan kedalam sebagai *cover* uji. *Ringtone* “Coldplay - A sky full of stars.wav” sebagai *cover* dan “Berkas uji3.wav” sebagai (*Watermarking*).

Durasi *ringtone* tersebut adalah 23 detik dan ukurannya adalah 4,03 MB. Durasi *Watermarking* tersebut adalah 14 detik dan ukurannya 448 KB. Hasil dari penyisipan *Watermarking* ke *cover* diberi nama “Coba2.wav” yang berdurasi 23 detik dan ukurannya 4,03 MB.

Pada pengujian ketiga, berkas (*Watermarking*) akan disisipkan kedalam sebagai *cover* uji. *Ringtone* “Crazy Frog – I like to move it .wav” sebagai *cover* dan “Berkas.wav” sebagai (*Watermarking*). Durasi *ringtone* tersebut adalah 29 detik dan ukurannya adalah 4,88 MB. Durasi *Watermarking* tersebut adalah 8 detik dan ukurannya 260 KB. Hasil dari penyisipan *Watermarking* ke *cover* diberi nama “Coba3.wav” yang berdurasi 29 detik dan ukurannya 2,44 MB.

Pada pengujian keempat, berkas (*Watermarking*) akan disisipkan kedalam sebagai *cover* uji. *Ringtone* “The Chainsmokers - Selfie.wav” sebagai *cover* dan “Berkas uji2.wav” sebagai (*Watermarking*). Durasi *ringtone* tersebut adalah 30 detik dan ukurannya adalah 5,05 MB. Durasi *Watermarking* tersebut adalah 3 detik dan ukurannya 104 KB. Hasil dari penyisipan *Watermarking* ke *cover* diberi nama “Coba4.wav” yang berdurasi 30 detik dan ukurannya 2,52 MB.

Pada pengujian kelima, berkas (*Watermarking*) akan disisipkan kedalam

sebagai *cover* uji. *Ringtone* “Daft Punk – Da Funk.wav” sebagai *cover* dan “Berkas uji.wav” sebagai (*Watermarking*). Durasi *ringtone* tersebut adalah 40 detik dan ukurannya adalah 6,75 MB. Durasi *Watermarking* tersebut adalah 11 detik dan ukurannya 348 KB. Hasil dari penyisipan *Watermarking* ke *cover* diberi nama “Coba5.wav” yang berdurasi 40 detik dan ukurannya 6,75 MB.

Tabel 3. File Hasil Proses Encode.

No .	Cover	Berkas	Hasil encode	Durasi / Size
1.	Eagles – Hotel California.wav	Berkas uji6.wav	Coba.wav	20 detik / 3,37 MB
2.	Coldplay - A sky full of stars.wav	Berkas uji3.wav	Coba2.wav	23 detik / 4,03 MB
3.	Crazy Frog – I like to move it .wav	Berkas. wav	Coba3.wav	29 detik / 4,88 MB
4.	The Chainsmokers - Selfie.wav	Berkas uji2.wav	Coba4.wav	30 detik / 5,05 MB
5.	Daft Punk – Da Funk.wav	Berkas uji2.wav	Coba5.wav	40 detik / 6,75 MB

Setelah hasil *encoding* dari pengujian pertama didapatkan, “Coba.wav” akan dipanggil sebagai target ekstraksi. Hasil dari proses *encoding* pada pengujian pertama diberi nama “Hasil coba.wav” yang berdurasi 20 detik dan ukurannya adalah 1,68 MB.

Setelah hasil *encoding* dari pengujian kedua didapatkan, “Coba2.wav” akan dipanggil sebagai target ekstraksi. Hasil dari proses *encoding* pada pengujian pertama diberi nama “Hasil coba2.wav” yang berdurasi 23 detik dan ukurannya adalah 2,01 MB.

Setelah hasil *encoding* dari pengujian ketiga didapatkan, “Coba3.wav” akan dipanggil sebagai target ekstraksi. Hasil dari proses *encoding* pada pengujian pertama diberi nama “Hasil coba3.wav” yang berdurasi 29 detik dan ukurannya adalah 2,44 MB.

Setelah hasil *encoding* dari pengujian keempat didapatkan, “Coba4.wav” akan dipanggil sebagai target ekstraksi. Hasil dari proses *encoding* pada pengujian pertama diberi nama “Hasil coba4.wav” yang berdurasi 30 detik dan ukurannya adalah 2,52 MB.

Setelah hasil *encoding* dari pengujian kelima didapatkan, “Coba5.wav” akan dipanggil sebagai target ekstraksi. Hasil dari proses *encoding* pada pengujian pertama diberi nama “Hasil coba5.wav” yang berdurasi 40 detik dan ukurannya adalah 3,37 MB.

Tabel 4. Hasil Proses Decode.

No.	Target ekstraksi	Durasi / Size	Hasil decode	Durasi / Size
-----	------------------	---------------	--------------	---------------

1.	Coba.wav	20 detik / 3,37 MB	Hasil Coba.wav	20 detik / 1,68 MB
2.	Coba2.wa v	23 detik / 4,03 MB	Hasil Coba2.wa v	23 detik / 2,01 MB
3.	Coba3.wa v	29 detik / 4,88 MB	Hasil Coba3.wa v	29 detik / 2,44 MB
4.	Coba4.wa v	30 detik / 5,05 MB	Hasil Coba4.wa v	30 detik / 2,52 MB
5.	Coba5.wa v	40 detik / 6,75 MB	Hasil Coba5.wa v	40 detik / 3,37 MB

Permana, S.D. (2010). Pengembangan Algoritma Enkripsi untuk Sistem Komunikasi Pembicaraan Aman Berbasis FFT.

Vinita, M. & Neha, P. (2014). *Encrypt an Audio File Using Combine Approach of Transformation and Cryptography*. *Internasional Journal of Computer Science and Information Technologies*. 5(3): 4473-4476.

D.L. Wang & G.J. Brown, Ed. (2006). *Computational Auditory Scene Analysis: Principles, Algorithms, and Applications*. Hoboken, NJ: Wiley-IEEE Press.

Gordy, JD, Bruton LT. (2000), Performance Evaluation of Digital Audio Watermarking Algorithms Proceedings of the IEEE 43rd circuits and systems.

Solichin, Achmad. (2010). Digital Watermarking untuk Melindungi Informasi Multimedia.

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu aplikasi mampu menghasilkan semua proses encode dan decode dapat berjalan sesuai dengan fitur auditory. Dan Semakin besar file cover yang digunakan maka lama waktu yang diekstraksi semakin lama, serta size file audio bisa di perkecil dari 100% menjadi 50% misalnya size 3,37MB menjadi 1,68MB.

DAFTAR PUSTAKA

- Nuryani. (2007). *Digital Right Management (DRM) dan Audio Watermaking* untuk perlindungan Hak Cipta pada Konten Musik Digital. *Jurnal INKOM*. 1(1).
- Turban, E. Rainer, R.K.JR. & Potter, R. E. (2006). *Introduction to Information Technology: Pengantar Teknologi Informasi*.
- Seitz, J. 2005. *Digital Watermaking for Digital Media*. Pennyslavina: *Information Science Publishing*.
- Al-Haj, Ali. (2011). *Audio Watermaking berbasis Discrete Wavelet Transform*. 8(3).