

Perancangan Audio Watermarking Dengan Teknik Dwt-Histogram Yang Diterapkan Pada Aplikasi Web

Cindy Angelista Deltika¹, Gelar Budiman², Ledy Novamizanti³

Program Studi SI Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom^{1,2,3}
angelistacindy@gmail.com

Abstrak

Teknologi informasi yang semakin maju mempermudah seseorang untuk saling bertukar informasi. Namun dengan kemudahan tersebut, beberapa orang dapat menyalahgunakannya. Misalnya saja pembajakan atau modifikasi informasi. Salah satu file yang rentan akan modifikasi adalah file audio. Adanya penyalahgunaan dalam dunia industri musik menyebabkan produsen atau pemilik musik yang sebenarnya dirugikan. Untuk itu, dibutuhkan sebuah teknologi yang dapat melindungi hak cipta audio tersebut. Teknologi yang dapat digunakan yaitu audio watermarking. Audio watermarking adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menyisipkan data atau informasi kepemilikan ke dalam audio. Pada penelitian ini watermarking dilakukan terhadap file audio dengan objek yang disisipkan yaitu logo. Metode yang digunakan adalah Discrete Wavelet Transform (DWT) sebagai metode transform dan Histogram sebagai metode penyisipan. Selain itu, penelitian ini akan diimplementasikan pada aplikasi berbasis web agar mempermudah pengguna untuk mengakses aplikasi. Hal yang diharapkan pada penelitian ini adalah kualitas audio yang terwatermark dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Imperceptibility pada audio dapat diatur, disesuaikan dengan status dari pengguna musik. Kualitas audio terwatermark yang baik, memiliki SNR>25dB, BER maksimal 7%, dan dapat tahan terhadap serangan.

Kata Kunci: Audio Watermarking, Discrete Wavelet Transform, Histogram, Web

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi membuat proses pertukaran informasi dapat dilakukan dengan mudah melalui internet. Namun, dengan adanya kemudahan ini berdampak terhadap keaslian informasi tersebut. Seseorang dapat membajak dan memodifikasi informasi dengan mudah (Lalitha, et al., 2016). Salah satu file yang rentan akan modifikasi adalah *file audio*. Pembajakan serta modifikasi *file audio* dalam dunia industri musik sangatlah merugikan bagi pemilik asli atau produsen musik. Untuk itu, dibutuhkan sebuah teknologi yang dapat melindungi hak cipta *file* tersebut.

Teknik yang dapat digunakan adalah *watermarking*. *Watermarking* yang diterapkan untuk *file audio* dinamakan *audio watermarking*. *Audio watermarking* adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menyisipkan data atau informasi kepemilikan (hak cipta) ke dalam *audio* (Deokar & Dhaigude, 2015). *Audio* sebagai data yang akan disisipkan disebut *host* dan data/informasi yang akan disisipkan yaitu logo disebut *watermark*. *Watermark* harus tahan terhadap perubahan, tidak terasa oleh indra manusia, dan tahan terhadap serangan. Imperceptibility dari watermark sangatlah penting untuk menjaga kualitas dari file yang telah terwatermark agar

pengguna tidak merasa terganggu dan dapat menikmatinya (Budiman, et al., 2016).

Teknik yang akan digunakan yaitu *Discrete Wavelet Transform* (DWT) sebagai metode transform dan Histogram sebagai metode penyisipan. *Discrete Wavelet Transform* (DWT) merupakan skema multiresolusi dekomposisi untuk sinyal *input* (Sulistiyawan, et al., 2017). Kualitas yang dihasilkan oleh metode DWT memiliki persepsi yang bagus dan tahan dengan berbagai serangan (Elshazly, et al., 2012) (Zeng, 2012). Histogram sering digunakan untuk mendeskripsikan distribusi data. Pada umumnya *audio* histogram diperoleh dengan memecah *range* dari nilai sampel ke dalam bins yang sama besar (Xiang & Huang, 2007). Metode penyisipan dengan menggunakan Histogram menghasilkan ketahanan yang sangat besar. Histogram tahan terhadap serangan low pass filter, time-scale modification, perubahan volume, kompresi, re-sampling, dan re-quantization (Zhang, et al., 2008).

Penelitian sebelumnya, nilai BER tidak 0 ketika diserang dengan low pass filter, penambahan noise, resampling, time-scale modification, pitch shifting, dan cropping. Serta aplikasi belum dapat diakses oleh setiap orang (Sulistiyawan, et al., 2017). Penelitian menggunakan teknik multicarrier

modulation untuk memasukan atau menyembunyikan data biner ke dalam file audio belum menghasilkan kinerja yang baik terhadap serangan low pass filter, band pass filter, changing the sample rate, linear speed change, dan kompresi karena BER tidak bernilai 0 (Budiman, et al., 2017).

Pada paper ini tidak hanya menjelaskan perancangan audio watermarking dengan metode yang telah dijelaskan diatas, namun juga kami akan merancangnya lebih nyata untuk keperluan aplikasi yang diterapkan berbasis web. Dengan aplikasi penanda audio berbasis web akan memudahkan pengguna audio atau pencipta audio untuk menandai konten yang diciptakannya dengan hak cipta yang dimilikinya. Sementara pengguna musik juga dapat menikmati musik dengan skema yang sesuai dengan keinginan dari pengguna tersebut.

Maka dibuat penelitian yang berjudul "Perancangan *Audio Watermarking* dengan Teknik DWT-Histogram yang Diterapkan pada Aplikasi *Web*" sebagai solusi untuk memberikan perlindungan serta mempermudah dalam pemberian hak cipta pada *file audio*.

2. Metode

2.1 Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan Matlab R2016a dan sistem *web* menggunakan *server* lokal yaitu XAMPP.

2.2 Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap *audio* yang telah terwatermark dengan parameter *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Objective Different Grade* (ODG), kemudian untuk hasil ekstraksi dengan parameter *Bit Error Rate* (BER) dan *Mean Opinion Score* (MOS).

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa hasil *survey Mean Opinion Score* (MOS), yaitu parameter subyektif yang membandingkan parameter perubahan objek sebelum dan sesudah disisipi watermark. Data yang didapatkan dari hasil *survey* bertujuan untuk mengetahui kualitas *audio* setelah disisipi *watermark* berdasarkan pendengaran manusia.

3. Dasar Teori

3.1 Audio Watermarking

Audio watermarking adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menyembunyikan data atau informasi tertentu yang bersifat rahasia atau hanya catatan umum kedalam sebuah *file audio*, indera pendengaran manusia maupun indera penglihatan manusia tidak dapat mengetahui kehadiran data atau informasi yang disisipkan, dan proses

pengolahan sinyal digital seperti *compression, resampling, filtering*, dll. dapat dihadapi sampai pada tahap tertentu (Larbi & Saidane, 2005).

3.2 Discrete Wavelet Transform

Transformasi Wavelet merupakan teknik untuk menganalisis sinyal. Alternatif dari *Short Time Fourier Transform* (STFT) adalah Transformasi Wavelet yang dikembangkan untuk mengatasi masalah tentang frekuensi dan *time resolution*. Untuk lebih spesifiknya, tidak seperti STFT yang *uniform time resolution* untuk semua frekuensi, DWT mempunyai karakteristik pada *high time resolution* dan *low frequency resolution* dan *low time resolution* untuk frekuensi rendah. Sehingga pada transformasi wavelet, sinyal didekomposisi menjadi komponen frekuensi rendah dan komponen frekuensi tinggi.

DWT dari sebuah sinyal x dilakukan dengan melewati serangkaian filter. Pertama, *Low Pass Filter* (LPF) melewati sampel dengan respon impuls g :

$$y[n] = (x \otimes g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[n-k] \quad (1)$$

Sinyal juga didekomposisi secara bersamaan menggunakan *High Pass Filter*. Output dari sinyal x tersebut memberi koefisien detail (dari HPF) dan koefisien yang berdekatan (dari LPF). Yang terpenting adalah dua filter tersebut saling berhubungan dan dikenal sebagai sebuah *quadrature mirror filter*.

Namun, menurut aturan Nyquist setengah dari frekuensi sinyal dihapus, setengah dari sample dihilangkan. Output dari filter kemudian diperoleh dari:

$$y_{low}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n-k] \quad (2)$$

$$y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n-k] \quad (3)$$

Dekomposisi ini membagi dua resolusi waktu, sinyal yang dikeluarkan hanya separuh dari setiap karakteristik keluaran *filter*. Jadi, setiap output mempunyai separuh *band* frekuensi dari *input* sehingga frekuensi resolusi menjadi berlipat (Zeng, 2012).

Setelah didapatkan koefisien dari DWT maka bisa didapatkan pula invers DWT (IDWT) yang bertujuan untuk mengembalikan sinyal dekomposisi menjadi sinyal aslinya menggunakan persamaan:

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} y_{high}[k]g[k+2n] + y_{low}[k]g[k+2n] \quad (4)$$

3.3 Histogram

Sebuah histogram sering digunakan untuk mendeskripsikan distribusi data. Pada umumnya *audio* histogram diperoleh dengan

memecah *range* dari nilai sampel kedalam *bins* yang sama besar. Nomor dari sampel dari *audio* jatuh ke beberapa *bins*. Pemodelan histogram dapat dideskripsikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = \{ (i) | i = 1, \dots, L \} \quad (5)$$

Hadalah sebuah vektor yang menandakan *level*/histogram dari sinyal *audio* $F = \{ f(i) | i = 1, \dots, N \}$, dan $(i), (i) \geq 0$ menandakan nomor dari sampel-sampel di bin i^{th} yang memenuhi $\sum_{i=1}^L (i) = N$. Misalkan resolusi dari sebuah sinyal *audio* yang sudah bertanda adalah R bit. Nomor dari *bins* dapat dihitung sebagai:

$$L = \begin{cases} \frac{2^R}{M}, & \text{jika } \text{Mod} \left(\frac{2^R}{M} \right) = 0 \\ \left\lfloor \frac{2^R}{M} \right\rfloor + 1, & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

M merupakan lebar dari bin, (i) mencakup range $[2^{R-1} + (i-1)M, 2^{R-1} + iM - 1]$, dan adalah *floor function*.

Mean yang sesungguhnya dari sebuah sinyal *audio* dihitung dengan menambahkan semua nilai sampel dan membagi menggunakan nomor yang ada. Biasanya ini adalah sebuah ukuran statistik data dari lebar nilai data dan perbedaan nilai data dari pola distribusi normal. Setelah *mean* yang sesungguhnya dari sebuah sinyal *audio* bertanda selalu mendekati nol diaplikasikan dengan memodifikasi nilai *mean* dari sebuah sinyal *audio* yang diharapkan menjadi lebih baik jika diestimasi menggunakan properti statistik dari sinyal *audio*. Istilah "*mean*" dituliskan di beberapa *paper* dengan menotasikan nilai modifikasi *mean*. \bar{A} dihitung dengan menjumlahkan nilai absolut dari semua sampel yang berlebih durasinya.

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |f(i)| \quad (7)$$

Dari persamaan (6), $f(i)$ dinotasikan di i^{th} nilai sampel dari F (Xiang & Huang, 2007).

3.4 Web

Web adalah sebuah layanan internet yang digunakan untuk menyebarkan informasi. Selain sebagai sarana informasi dan komunikasi seperti *email* dan *chatting*, juga digunakan sebagai penyediaan layanan transaksi bisnis (*e-commerce*).

Pada awalnya aplikasi *web* hanya dibangun dengan menggunakan *Hypertext Markup Language* (HTML). Kemudian, sejumlah *script* dan objek dikembangkan, seperti PHP (Pranta & Hidayatun, 2016).

3.5 Serangan Pada Audio Watermarking

Serangan pada *audio watermarking* berguna untuk mengetahui ketahanan sistem yang telah dibuat. Setelah dilakukan serangan, kita dapat mengukur

ketepatan data hasil ekstraksi *watermark* yang disisipkan pada *file audio* dengan melihat parameter BER. Serangan yang dilakukan yaitu:

1. *Low Pass Filter* (LPF)
LPF digunakan untuk *filtering* sinyal frekuensi, yaitu meloloskan sinyal frekuensi dibawah frekuensi *cut off* dan meredam sinyal frekuensi diatas frekuensi *cut off*.
2. *Stereo to Mono*
Stereo to Mono adalah jenis serangan yang mengubah kanal suara.
3. *Noise*
Noise merupakan suara gangguan yang tidak diharapkan yang dapat menurunkan kualitas *audio*.
4. *Resampling*
Resampling adalah serangan dimana frekuensi sinyal diubah-ubah.
5. *Speed Change*
Speed change adalah serangan dengan meningkatkan dan menurunkan kecepatan *audio* tanpa mengubah *pitch* sinyal.
6. *Time Scale Modification*
Time Scale Modification adalah mempercepat atau memperlambat sebuah suara tanpa mengubah kandungan frekuensi.
7. *Pitch Shifting*
Pitch shifting adalah gangguan dengan menggeser frekuensi dari *watermarked audio*.

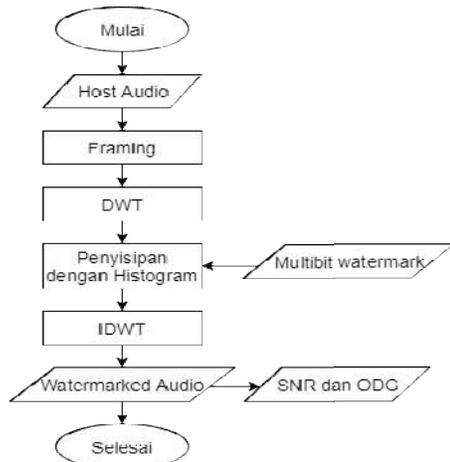
4. Perancangan Sistem

Secara umum perancangan ini dikelompokkan menjadi 2 tahapan. Tahap pertama yaitu proses penyisipan *watermark* pada *host*. Tahap kedua yaitu proses ekstraksi atau pengambilan kembali *watermark* dari *host*. *File audio* yang akan digunakan sebagai *host* adalah *audio stereo* dengan format .wav, dengan frekuensi *sampling* 44100 Hz, dan durasi maksimal 2 menit.

Pada sistem *web*, kualitas *audio* yang terwatermark dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Apabila pengguna mengunduh dengan membayar maka kualitas *audio* yang didapatkan merupakan kualitas yang bagus, dan apabila pengguna mengunduh dengan gratis maka kualitas *audio* yang didapatkan merupakan kualitas yang kurang bagus. *Imperceptibility* pada *audio* dapat diatur, yaitu disesuaikan dengan status dari pengguna musik.

4.1 Model Sistem

4.1.1 Perancangan Sistem Penyisipan



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Penyisipan

Proses penyisipan akan dimulai dengan memilih *file audio* yang akan digunakan. Pada penelitian ini, *file audio* yang akan digunakan yaitu memiliki format .wav. Proses penyisipan dilakukan dengan metode *transformy* yaitu *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan juga untuk metode penyisipannya digunakan metode Histogram.

Setelah mendapatkan *file audio* sebagai *host* kemudian dilakukan *framing*. Selanjutnya adalah proses *transform* menggunakan DWT. Sinyal *audio* akan didekomposisi level 1. Dekomposisi akan menghasilkan sinyal dengan frekuensi *low* dan *high*. Hasil DWT tersebut akan disisipi menggunakan metode histogram.

Diasumsikan bahwa watermark $W = \{w_i | i = 1, \dots, L_w\}$ akan disembunyikan ke dalam sinyal $audio F = \{f(i) | i = 1, \dots, N\}$. Terdapat ketentuan bahwa watermark dalam bilangan biner "0" dan "1". Kemudian amplitudo akan dimodifikasi rata-rata (\bar{A}) menggunakan persamaan berikut ini (Xiang & Huang, 2007):

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |f(i)| \quad (8)$$

Setelah itu terjadi proses penyeleksian *range* untuk proses penyisipan dari *host audio* hingga menghasilkan $B = [\lambda \bar{A}, \lambda \bar{A}]$ untuk merenggangkan histogram $H = \{ (i) | i = 1, \dots, L \}$ dengan ketentuan $L \geq 3L_w$ agar semua bit *watermark* dapat disisipkan. λ merupakan nilai positif yang terpilih agar dapat memenuhi $(i) \gg L$. Disarankan $\lambda \in [2.0, 2.5]$ agar *bins* yang diekstrak dari B mempunyai *bins* yang lebar dan cukup sampel.

Dengan menggunakan tiga *bins* yang berurutan yang dinotasikan dengan bin1, bin2, dan bin3 di dalam masing-masing sampel a, b, dan c. Ketentuan yang ada saat proses penyisipan dinotasikan untuk satu bit informasi berikut:

$$\frac{2b}{a+c} \geq T \text{ jika } w(i) = 1 \quad (9)$$

$$\frac{a+c}{2b} \geq T \text{ jika } w(i) = 0 \quad (10)$$

Dari persamaan diatas, T adalah seleksi *threshold* untuk mengendalikan ketahanan *watermark* dan distorsi penyisipan. T harus lebih besar dari 1,2. Jika besar a, b, c, dan T tidak sesuai dengan persamaan (9) dan (10), maka akan berlanjut ke proses berikutnya dengan ketentuan sebagai berikut ini:

a. Penyisipan Bit '1'

Jika penyisipan bit $w(i)$ adalah '1' dan $\frac{2b}{a+c} \geq T$, maka sudah cocok untuk aturan penyisipan dan tidak ada operasi yang dibutuhkan lagi. Tetapi jika tidak memenuhi persyaratan $\frac{2b}{a+c} \geq T$, maka nomor dari bin a, b, dan c akan ditugaskan kembali dengan memodifikasi ketiga bin tersebut. Pemilihan sampel secara acak dari bin1 (I_1) dan bin3 (I_3) kemudian dimodifikasi untuk jatuh ke dalam bin2. Peraturan modifikasi sesuai dengan persamaan:

$$f'_1(i) = f_1(i) + M, 1 \leq i \leq I_1 \quad (11)$$

$$f'_3(i) = f_3(i) - M, 1 \leq i \leq I_3 \quad (12)$$

Dari persamaan (11) dan (12), M merupakan lebar bin, $f_1(i)$ dan $f_3(i)$ merupakan modifikasi sampel bin ke-i pada bin1 dan bin3, sedangkan $f'_1(i)$ dan $f'_3(i)$ merupakan hasil modifikasi dari $f_1(i)$ dan $f_3(i)$. I_1 dan I_3 dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$I_1 = I \frac{a}{a+c} \quad (13)$$

$$I_3 = I \frac{c}{a+c} \quad (14)$$

$$\text{Dimana } I = \frac{T(a+c)-2b}{2+T}$$

Versi modifikasi dari bin a, b, dan c adalah bin a_1 , b_1 , dan c_1 . Ketentuan dari bin termodifikasi tersebut adalah $a_1 = a - I_1$, $b_1 = b + I_1 + I_3$, dan $c_1 = c - I_3$. Dari $I = I_1 + I_3$, $\frac{a}{c} = \frac{I_1}{I_3}$, dan $\frac{2b_1}{a_1+c_1} \geq T$ terbukti bahwa $I \geq \frac{T(a+c)-2b}{2+T}$.

b. Penyisipan Bit '0'

Jika penyisipan bit $w(i)$ adalah '0' dan $\frac{a+c}{2b} \geq T$, maka sudah cocok untuk aturan penyisipan dan tidak ada operasi yang dibutuhkan lagi. Tetapi jika tidak memenuhi persyaratan $\frac{a+c}{2b} \geq T$, maka nomor dari bin a, b, dan c akan ditugaskan kembali dengan memodifikasi ketiga bin tersebut. Pemilihan sampel bin2 kemudian dimodifikasi untuk jatuh ke dalam bin1 dan bin3. Peraturan

modifikasi agar tercapai $\frac{a_0+c_0}{2b_0} \geq T$ sesuai dengan persamaan:

$$f'_2(i) = f_2(i) + M, 1 \leq i \leq I_1 \quad (15)$$

$$f'_2(j) = f_2(j) + M, 1 \leq j \leq I_3 \quad (16)$$

Dari persamaan (15) dan (16), M merupakan lebar bin, $f_2(i)$ dan $f_2(j)$ merupakan modifikasi sampel bin ke- i pada bin1 dan bin3, sedangkan $f'_2(i)$ dan $f'_2(j)$ merupakan hasil modifikasi dari $f_2(i)$ dan $f_2(j)$. I_1 dan I_3 dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$I_1 = I \frac{a}{a+c} \quad (17)$$

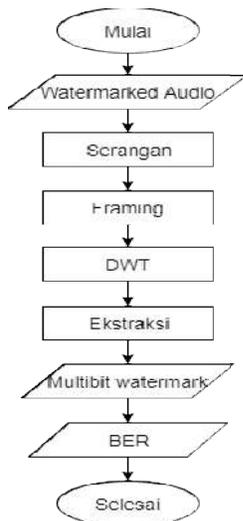
$$I_3 = I \frac{c}{a+c} \quad (18)$$

$$\text{Dimana } I \geq \frac{2Tb-(a+c)}{1+2T}$$

Versi modifikasi dari bin a , b , dan c adalah bin a_0 , b_0 , dan c_0 . Ketentuan dari bin termodifikasi tersebut adalah $a_0 = a + I_1$, $b_0 = b - I_1 - I_3$, dan $c_0 = c + I_3$. Dari $I = I_1 + I_3$, $\frac{a}{c} = \frac{I_1}{I_3}$, dan $\frac{a_0+c_0}{2b_0} \geq T$ terbukti bahwa $I \geq \frac{2Tb-(a+c)}{1+2T}$.

Setelah penyisipan menggunakan Histogram dilakukan, selanjutnya adalah proses IDWT atau inverse dari DWT untuk mendapatkan *file* terwatermark. *File* terwatermark atau *watermarked file* dapat diketahui kualitasnya dengan menggunakan parameter SNR dan ODG.

4.1.2 Perancangan Sistem Ekstraksi



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Ekstraksi

Pada proses ekstraksi, untuk mengetahui ketahanan *file* dilakukan serangan seperti *Low Pass Filter* (LPF), *stereo to mono*, *noise*, *resampling*, *speed change*, *time scale modification*, dan *pitch shifting*. Setelah melewati proses penyerangan, *file*

terwatermark akan masuk ke proses *framing*, dan DWT.

Untuk proses ekstraksi menggunakan metode Histogram, dilakukan pencarian *range* frekuensi yang telah disisipi bit-bit watermark. Misalkan pencarian *range* tersebut dinotasikan dengan $[A''(1 - \alpha), A''(1 + \alpha)]$. A'' menyatakan *mean audioterwatermark* $F'' = \{f''(i) | i = 1, \dots, N\}$. Histogram F'' diregangkan dengan L bin seperti dalam proses penyisipan *watermark*. Menghitung sejumlah sampel pada tiap bin yang berhubungan dilambangkan dengan a'' , b'' , dan c'' , tiap-tiap bin tersebut dibandingkan untuk memperoleh sebuah bit tersembunyi menggunakan persamaan (Xiang & Huang, 2007):

$$w'' = \begin{cases} 1, & \text{jika } \frac{2b''}{a''+c''} \geq 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (19)$$

Dari proses tersebut didapatkan hasil yaitu *file* yang telah terekstraksi. Hasil ekstraksi tersebut dihitung dengan *Bit Error Rate* (BER) untuk mengetahui nilai *error* pada *file*.

4.1.3 Perancangan Sistem Web



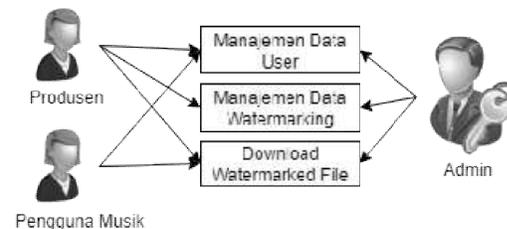
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Web

Pada Gambar 3 terdapat beberapa blok yang tergabung pada penelitian ini diantaranya:

1. *Cloud* : Jaringan yang akan digunakan sebagai media pengirim data.
2. *Web dan Database* : Menampung data *input* dan *output*, kemudian menampilkannya pada *web*.
3. *Client* : Pengguna yang akan mengakses *web* yaitu *admin*, produsen, dan pengguna musik.
4. *Matlab* : *Software* yang digunakan untuk teknik *watermarking*.

4.1.4 Hak Akses

Berikut ini adalah beberapa hak akses yang terdapat dalam *website*.



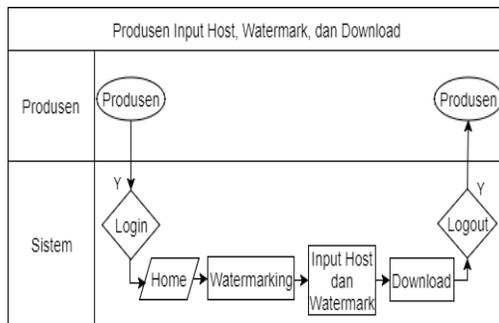
Gambar 4. Hak Akses User dan Admin

Pada *website* ini, terdapat tiga hak akses yaitu untuk *admin*, produsen, dan pengguna musik. Dijelaskan sebagai berikut:

1. Hak akses *admin* adalah manajemen data *user*, manajemen data *watermarking*, dan *download watermarked file*. Pada manajemen data *user*, *admin* dapat menambah, mengubah, dan menghapus data *user*. Pada data *watermarking*, *admin* dapat menginput *file host*, *watermark*, judul lagu, harga lagu untuk lagu yang berbayar, selain itu *admin* dapat menguji kualitas dari *file audio* yang telah terwatermark dengan parameter SNR, ODG, dan BER. Pada *download watermarked file*, *admin* dapat mengunduh *file* yang telah terwatermark.
2. Hak akses produsen adalah manajemen data *user*, manajemen data *watermarking*, dan *download watermarked file*. Pada manajemen data *user*, produsen hanya dapat registrasi kemudian mengubah data dirinya sendiri. Pada data *watermarking*, produsen dapat menginput *file host*, *watermark*, judul lagu, dan harga lagu. Pada *download watermarked file*, *admin* dapat mengunduh *file* yang telah terwatermark.
3. Hak akses pengguna yaitu manajemen data *user* dan *download watermarked file*. Pada manajemen data *user*, pengguna hanya dapat registrasi kemudian mengubah data dirinya sendiri. Pada *download watermarked file*, pengguna dapat mengunduh *file* yang telah terwatermark.

4.1.5 Activity Diagram

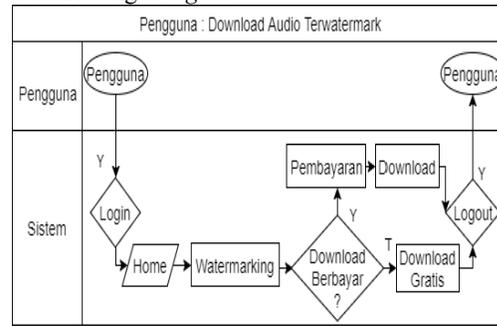
Berikut ini adalah beberapa *activity diagram* yang menjelaskan berbagai proses yang terdapat dalam *website*.



Gambar 5. Activity Diagram Produsen Input Host, Watermark, dan Download Audio Terwatermark

Gambar 5 menjelaskan serangkaian aktifitas yang dilakukan oleh produsen untuk proses *watermarking*. Sebelumnya produsen harus *login* terlebih dahulu. Kemudian pilih menu *watermarking*, pada halaman *watermarking* akan muncul form untuk *input host* dan *watermark*. Untuk mendapatkan *watermarked file*, produsen harus menunggu terlebih dahulu sampai muncul

notifikasi bahwa *file* siap didownload. Aktifitas ini diakhiri dengan *logout*.



Gambar 6. Activity Diagram Pengguna Download Audio Terwatermark

Gambar 6 menjelaskan serangkaian aktifitas yang dilakukan oleh pengguna untuk proses *download audio* terwatermark. Sebelumnya pengguna harus *login* terlebih dahulu. Kemudian pilih menu *watermarking*, pada halaman *watermarking* akan muncul data *audio* yang telah terwatermark. *Audio* yang telah terwatermark dapat didownload dengan dua tipe yaitu berbayar dan gratis. Jika yang dipilih merupakan *download* berbayar maka akan masuk ke proses pembayaran dan kemudian *audio* dapat didownload. Jika yang dipilih merupakan *download* gratis maka dapat langsung didownload. Aktifitas ini diakhiri dengan *logout*.

4.2 Parameter Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap *watermarked file* dan hasil ekstraksi. Berikut parameter yang digunakan (Sulistiyawan, et al., 2017):

1. *Signal to Noise Ratio* (SNR)
 SNR adalah parameter pengukuran yang digunakan untuk membandingkan *level* sinyal yang diinginkan dengan *level noise* yang terjadi. Hal ini didefinisikan sebagai rasio daya sinyal dengan daya *noise*, dinyatakan dengan dB. Secara matematis SNR dapat dihitung:

$$SNR = 10 \times \log_{10} \left[\frac{\sum_{i=0}^{N-1} f^2(n)}{\sum_{i=0}^{N-1} (g(n) - f(n))^2} \right] \quad (20)$$

N adalah panjang *audio*, *f(n)* adalah sampel sinyal *audio* asli, *g(n)* adalah sampel sinyal *audio watermark*, dan $e(n) = g(n) - f(n)$.

2. *Bit Error Rate* (BER)
 BER adalah parameter pengukuran obyektif yang digunakan untuk mengukur ketepatan data hasil ekstraksi *watermark* yang disisipkan pada *file audio*. Secara matematis BER dapat dihitung:

$$BER = \frac{\text{jumlah karakter yang salah}}{\text{jumlah karakter keseluruhan}} \times 100\% \quad (21)$$

3. *Objective Difference Grade* (ODG)
 ODG adalah parameter pengukuran obyektif yang dihitung dengan evaluasi persepsi dari

algoritma kualitas *audio* yang ditentukan dalam ITU-R BS. 1387-1 standar (International Telecommunication Union-Radio-communication Sector). Nilai ODG merupakan salah satu *output* yang didapatkan dari teknik perhitungan *Perceptual Evaluation of Audio Quality* (PEAQ). Penilaian ODG berkisar dari 0 sampai -4 seperti yang tertuang pada Tabel 1:

Tabel 1: Skala ODG/PEAQ

Skala ODG/PEAQ	Kualitas	Level Distorsi
0	Sangat Baik	<i>Watermark</i> tidak terdengar
-1	Baik	<i>Watermark</i> terasa sedikit, tapi tidak mengganggu
-2	Cukup	<i>Watermark</i> terasa dan sedikit mengganggu
-3	Rusak	<i>Watermark</i> mengganggu sekali, tapi <i>audio</i> masih terdengar
-4	Rusak Sekali	<i>Watermark</i> mengganggu sekali sampai <i>audio</i> tidak dapat terdengar

4. Mean Opinion Score (MOS)

MOS adalah parameter subyektif yang membandingkan parameter perubahan objek sebelum dan sesudah disisipi watermark. Data yang didapatkan dari hasil *survey* bertujuan untuk mengetahui kualitas *audio* setelah disisipi *watermark* berdasarkan pendengaran manusia. Kriteria dan tingkatan kualitas tercantum pada tabel dibawah ini:

Tabel 2: Kriteria Penilaian MOS Penyisipan Pesan

MOS	Kualitas	Level Distorsi
5	Sangat Baik	<i>Watermark</i> tidak terdengar
4	Baik	<i>Watermark</i> terasa sedikit, tapi tidak mengganggu
3	Cukup	<i>Watermark</i> terasa dan sedikit mengganggu
2	Rusak	<i>Watermark</i> mengganggu sekali, tapi <i>audio</i> masih terdengar
1	Rusak Sekali	<i>Watermark</i> mengganggu sekali sampai <i>audio</i> tidak dapat terdengar

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengujian *audio watermarking* menggunakan metode DWT-Histogram terhadap jumlah bit yang disisipkan adalah nilai SNR akan berkurang ketika jumlah bit semakin banyak, dan nilai ODG akan semakin meningkat ketika jumlah bit semakin banyak. Kemudian pengaruh besarnya *frame* adalah nilai SNR akan semakin meningkat ketika *frames* semakin besar, dan nilai ODG akan semakin berkurang ketika *frame* semakin besar. Sistem *audio watermarking* tahan terhadap berbagai serangan seperti *low pass filter*, perubahan kanal suara, *noise*, *resampling*, *speed change*, *time scale modification*, dan *pitch shifting*, serta menghasilkan nilai BER < 7% (Sulistiyawan, et al., 2017). Dengan menggunakan aplikasi

berbasis *web* dapat mempermudah produsen dan pengguna musik mengakses sistem *audio watermarking* dimana saja dan kapan saja ketika terhubung dengan jaringan internet.

6. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengujian dan analisa adalah:

1. Jumlah bit dan banyaknya *frame* mempengaruhi nilai SNR dan ODG. Semakin banyak bit yang disisipkan maka nilai SNR akan semakin berkurang, sedangkan nilai ODG akan semakin meningkat. Semakin besar *frame* maka nilai SNR akan semakin meningkat dan ODG akan semakin berkurang.
2. Sistem *audio watermarking* menggunakan metode DWT-Histogram tahan terhadap berbagai serangan seperti *low pass filter*, perubahan kanal suara, *noise*, *resampling*, *speed change*, *time scale modification*, dan *pitch shifting* menghasilkan nilai BER < 7%.
3. Kualitas *audio* yang terwatermark dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan pengguna. *Imperceptibility* pada *audio* dapat diatur, disesuaikan dengan status dari pengguna musik.
4. Aplikasi berbasis *web* mempermudah pengguna untuk mengakses sistem *audio watermarking*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya untuk kedua orang tua beserta keluarga yang telah memberikan motivasi dan doa, dan tak lupa juga kepada teman-teman yang selalu memberikan *support* sehingga terselesaikannya penulisan paper ini.

Daftar Pustaka

- Budiman, G., Novamizanti, L. and Iwut, I., (2017). Genetics Algorithm Optimization of DWT-DCT Based Image Watermarking. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 795, pp. 1-8.
- Budiman, G., Suksmono, A. B. and Danudirdjo, D., (2016). A Modified Multicarrier Modulation Binary Data Embedding in Audio File. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 8(4), pp. 762-773.
- Deokar, S. M. and Dhaigude, B., (2015). *Blind Audio Watermarking Based on Discrete Wavelet and Cosine Transform*. Pune, India, 2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC).
- Elshazly, A. R., Fouad, M. M. and Nasr, M. E., (2012). *Secure and Robust High Quality DWT Domain Audio Watermarking Algorithm with Binary Image*. Cairo, Egypt, 2012 Seventh International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES).

- Lalitha, N. V., Prasad, P. V. and Rao, S. U., (2016). *Performance Analysis of DCT and DWT Audio Watermarking Based on SVD*. Nagercoil, India, 2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT).
- Larbi, S. D. and Saïdane, M. J., (2005). Audio Watermarking: A Way to Stationnarize Audio Signals. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 53(2), pp. 816-823.
- Pranta, J. and Hidayatun, N., (2016). Pendekatan Classic Life Cycle dalam Perancangan Web E-Commerce untuk Penjualan Pakaian Anime. *Indonesian Journal on Computer and Information Technology*, 1(1), pp. 51-60.
- Sulistiyawan, V. N., Karina, Y. and Budiman, G., (2017). *Audio Watermarking dengan Discrete Wavelet Transform dan Histogram Menggunakan Optimasi Algoritma Genetika*. Malang, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2017.
- Xiang, S. and Huang, J., (2007). Histogram-Based Audio Watermarking Against Time-Scale Modification and Cropping Attacks. *IEEE Transactions on Multimedia*, 9(7), pp. 1357-1372.
- Zeng, W., (2012). *A Novel Audio Watermarking Algorithm Based on Chirp Signal and Discrete Wavelet Transform*. Shanghai, China, 2012 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing.
- Zhang, X., Yin, X. and Yu, Z., (2008). *Robust Audio Watermarking Algorithm Based on Histogram Specification*. Harbin, China, 2008 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing.



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281. Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

BERITA ACARA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

Nama Pemakalah : Cindy Angelista Deltika¹, Gelar Budiman², Ledy Novamizanti³
Judul Makalah : PERANCANGAN AUDIO WATERMARKING DENGAN TEKNIK DWT-HISTOGRAM YANG DITERAPKAN PADA APLIKASI WEB
Pukul : 10.30 - 10.45
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY
Ruang : A.26
Moderator : Dulhadi, ST, MT
Notulen : Mutiasari K.D, S.T., M.Sc .

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : _____ orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dulhadi, ST, MT	 Cindy Angelista Deltika ¹ , Gelar Budiman ² , Ledy Novamizanti ³



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281. Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

NOTULEN
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

Nama Pemakalah : Cindy Angelista Deltika¹, Gelar Budiman², Ledy Novamizanti³
Judul Makalah : PERANCANGAN AUDIO WATERMARKING DENGAN TEKNIK DWT-HISTOGRAM YANG DITERAPKAN PADA APLIKASI WEB

Pukul : 10.30 - 10.45
Bertempat di : STTNAS Yogyakarta
Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY
Ruang : A.26

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
- Apakah ada pertanyaan.	

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dulhadi, ST, MT	 Cindy Angelista Deltika ¹ , Gelar Budiman ² , Ledy Novamizanti ³