

Implementasi Digital Watermarking Pada File Audio Mp3 Menggunakan Metode FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) Dan Fourier Transform

Defa Pradana Yuana¹, Agus Prihanto²

¹Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

²Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹deftaywana@mhs.unesa.ac.id

²agusprihanto@unesa.ac.id

Abstrak --- Digital Watermarking merupakan gambaran besar alur bagaimana pengguna digital salah satunya perusahaan musik atau musisi itu sendiri mengolah data musiknya yang berupa file master mp3 dengan bertujuan memberi watermark agar data tersebut tidak mudah diplagiasi maupun disalin lalu disebarluaskan melalui pasar digital yang ada. Ada beberapa metode yang mempermudah bagi para developer dalam mengembangkan software aplikasi yaitu salah satunya metode FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). FHSS sendiri ini adalah metode yang digunakan untuk bagaimana nantinya watermark akan disematkan melalui domain frekuensi, dimana frekuensi pembawa (spektrum audio) yang sebelumnya telah disematkan kode biner watermark selama hopping frekuensi yang telah ditentukan. Sebelum mengimplementasikan metode FHSS, ada beberapa metode pendekatan yaitu Fourier Transforms atau dengan cara framing (mengolah sample framerate data sinyal) untuk menghitung nilai koefisien dari sinyal gelombang pembawa yang telah disematkan kode bit dari watermark, kemudian bit hasilnya akan disebarkan menggunakan angka pseudo acak dan parameter ketinggian amplitude alpha sebesar 0.005, beta 1, gama 0.5 kedalam data sinyal audio yang sudah disegmentasi, lalu menghasilkan output file audio yang telah diberi watermark. Ada beberapa metode untuk mengetahui seberapa jauh kuat watermark yang disematkan yaitu dengan cara pengujian ketahanan suatu file dengan 1) pengujian *Kompresi* dimana memberikan hasil memiliki keakuratan informasi watermark dan sedikit mengubah ukuran file, 2) pengujian *Resampling* dengan nilai $\text{samplerate}/2$ dimana memberikan hasil keakuratan informasi watermark dan beberapa file memiliki ukuran berbeda, 3) pengujian *Cropping* pada detik 00.0200 sampai 00.03.00 dimana memberikan hasil tidak akurat terhadap informasi watermark dan secara ukuran file, jelas sekali memiliki perbedaan yang jauh, 4) pengujian *Penambahan Noise* memberikan hasil memiliki keakuratan informasi watermark dan ukuran file tidak terlalu berubah

Kata Kunci --- Audio, Watermarking, FHSS, Domain Frekuensi

I. PENDAHULUAN

Hiburan merupakan suatu kegiatan yang sering dilakukan dimasyarakat, begitu juga musik, musik merupakan suatu bagian dari hiburan. Terkait bagaimana masyarakat membangun musik itu sendiri. Mereka mengkategorikan musik kedalam masalah yang serius, sehingga dibuatlah rumah produksi atau perusahaan yang menangani produksi musik itu sendiri.

Seiring perkembangan zaman munculah teknologi-teknologi baru dalam membantu pekerjaan masyarakat, Begitupun juga yang dialami rumah produksi musik ataupun perusahaan musik yang ada pada masyarakat. Mereka terbantu dengan adanya dengan adanya website sebagai media online untuk menjual produksi musiknya. Tentunya bukan hanya itu saja melihat seberapa efisien untuk menjual produknya. Tetapi mereka harus mempertimbangkan lagi terhadap keamanan yang diberikan internet untuk menjaga produk musiknya

Digital Watermarking merupakan suatu teknik keamanan digital dimana untuk mengidentifikasi sumber, pencipta, pemilik, distributor, atau konsumen resmi dari suatu dokumen atau gambar. Teknik ini digunakan pada file dokumen, foto, video maupun file lainnya.

Metode Fourier Transform merupakan metode pendekatan yang digunakan untuk mengolah data sinyal. Dimana data sinyal audio akan ditransformasikan dari domain waktu ke domain frekuensi, kemudian dari koefisien frekuensinya disisipkan informasi watermarknya. Setelah watermark disisipkan maka ditransformasikan ke domain waktu lagi agar data audio dapat didengar.

Metode FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), metode ini digunakan untuk bagaimana menyebarkan data bandwidth kecil lalu membaginya kedalam data bandwidth besar dengan hop tertentu. Sebagaimana diasumsikan data bandwidth kecil merupakan informasi berupa teks dan data bandwidth domain frekuensi. Beberapa contoh penelitian sebelumnya yang menggunakan metode yang sama.

Pada penelitian milik Rinanza Zulmi Alhamri, Esti Suryani, Wisnu Widiarto dengan judul Audio Watermarking dengan Metode DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) untuk Konten Musik Digital, dengan tujuan memberikan output terhadap uji ketahanan

serangan cropping, resampling, penambahan noise, kompresi dari file WAV penampung dan Watermark berupa Teks dengan hasil kesimpulan memiliki rata-rata 100% kesesuaian watermark (Rinanza et al, 2013).

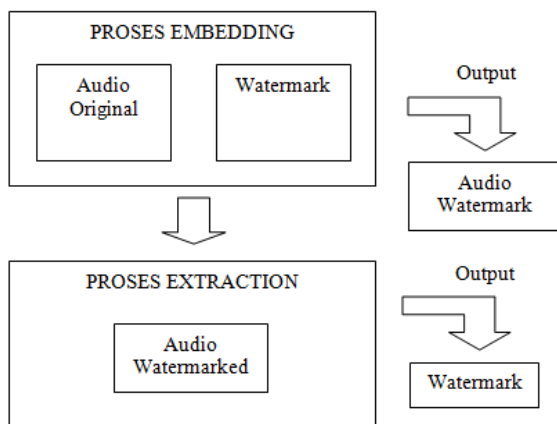
Penelitian lain seperti milik Fernissa Fahamalathi dengan judul Pengimplementasian Metode DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) untuk Audio Watermarking, dengan tujuan memberikan output hasil PNSR dan uji ketahanan resampling, cropping, time stretching, penambahan derau, file WAV penampung dan Watermark berupa Teks dengan hasil kesimpulan memiliki rata-rata 100% kesesuaian watermark (Fernissa, 2008).

Begitu juga penelitian milik Christ Ferdian Zacharias dengan judul Implementasi Metode FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) Pada Audio Watermarking, dengan tujuan memberikan output hasil Running Time, Bit Error Rate, uji ketahanan resampling, cropping, kompresi, penambahan noise. file WAV penampung dan Watermark berupa Teks dengan hasil kesimpulan memiliki rata-rata 100% kesesuaian watermark (Christ, 2008)

Sedangkan penelitian ini bertujuan untuk memberikan output dari Watermarking menggunakan FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) dengan pendekatan Fourier Transform, dimana objek sebagai penampung watermarknya adalah file MP3, dan watermarknya berupa teks.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum pada penelitian kali ini ada 2 gambar besar proses yang perlu diketahui yaitu *Proses Embedding* dan *Proses Ekstraksi* pada Gambar 1.



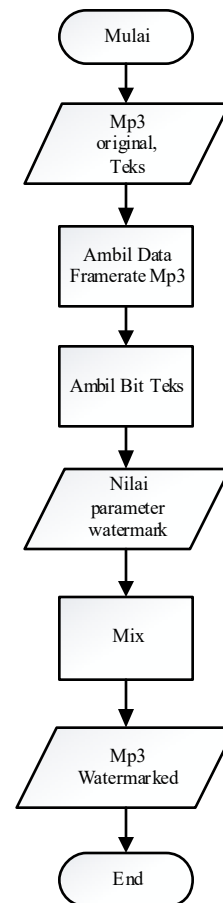
Gambar 1. Sistem Secara Umum (Stefan Katzenbeisser and Fabien A 2000)

Penjelasan dari Gambar 1 yaitu tahap yang pertama *Proses Embedding* merupakan gambaran besar proses dimana yang nantinya watermark disematkan kedalam audio lalu memberikan output file audio yang telah diberi watermark. setelah dari *Proses Embedding* maka akan diteruskan tahap yang kedua yaitu *Proses Ekstraksi*, proses ini merupakan gambaran proses

bagaimana program tersebut mengambil inputan dari file audio yang telah diberi watermark, kemudian lalu di ekstrak watermarknya sehingga informasi dapat diperoleh. Pada pembahasan selanjutnya akan dijelaskan lebih lengkap.

A. Proses Embedding

Embedding merupakan gambaran besar proses dimana data inputan watermark berupa teks akan disematkan kedalam mp3. Sistem akan dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Proses Embedding

1. Input Mp3 dan Teks

Inputan awal yang dipakai kali ini yaitu file audio yang berekstensi(.mp3) dengan keterangan rata-rata memiliki sampling frekuensi 44.100 – 48.000 KHz dan Teks watermark kata “Belajar Kriptografi” yang dituliskedalam file berekstensi (.txt).

2. Proses Ambil Data Framerate Mp3.

Proses ini digunakan untuk mengambil total data sample frame dari audio yang diinputkan

3. Proses Ambil Bit Teks

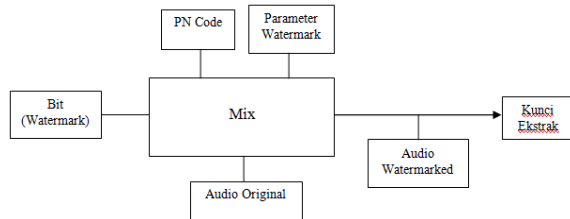
Teks yang telah diinputkan Akan dikonversikan kedalam biner yang nantinya akan disebarkan kedalam sinyal audio.

4. Inputan Parameter Watermark

Ada beberapa nilai yang digunakan sebagai batas ambang pendengaran / ketinggian amplitudo dalam sinyal kali ini diantaranya yaitu $\alpha = 0.005$, $\beta = 1$, $\gamma = 0.5$.

5. Proses Mix

Proses ini mengambil data bit teks watermark dan data sample frame dari sinyal audio. Dimana bit data dari teks watermark disebarkan kedalam data sinyal audio menggunakan bilangan acak pseudo. Berikut merupakan bagan proses dari dimana penempatan mix pada program bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Proses Mix (Gordy 2000).
Dari keterangan diatas menjelaskan perhitungan berikut ini :

$$\text{Data Koefisien Audio Original} + (\text{Parameter Watermark} * \text{Bit (Watermark)} * \text{PN Code}) = \text{Data Koefisien Audio Watermarked}$$

Pondasi rumus untuk menghitung *Data Koefisien Audio Original* bisa dilihat pada Gambar 4

$$X[m] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n](\cos(2\pi nm/N) - j \sin(2\pi nm/N))$$

Gambar 4. Rumus Data Koefisien DFT (Discrete Fourier Transform (Michael Weeks 2007)

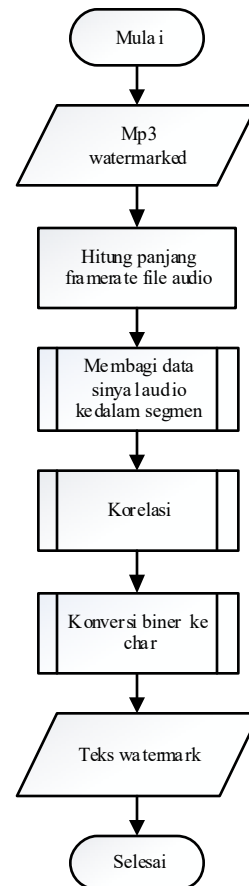
Rumus pada Gambar 4 akan menghasilkan 2 nilai yaitu *Bilangan Real* dan *Bilangan Imajiner*. *Bilangan Real* digunakan untuk melihat ketinggian nilai amplitudo selama frekuensi yang dipilih, sedangkan *Bilangan Imajiner* digunakan untuk melihat ketinggian nilai *Phase*. *Phase* sendiri digunakan untuk menentukan bilangan bersifat positif atau negatif jika diukur menggunakan garis koordinat x dan y . Kemudian dari hasil perkalian *Parameter Watermark*, *Bit Watermark*, *PN Code* akan dijumlahkan dengan *Data Koefisien Audio Original* maka akan menghasilkan *Data Koefisien Audio Watermarked*.

6. Output Watermarked Mp3

Setelah proses *Mix* dengan tujuan menghasilkan nilai *Data Koefisien Audio Watermarked* kini ditulis kembali kedalam file yang berekstensi(.mp3)

B. Extracting

Extracting merupakan gambaran besar dari suatu proses bagaimana sistem nantinya mengesktraksi suatu teks watermark yang telah disematkan kedalam file audio original. Sistem akan dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Proses Extracting

1. Input Mp3 Watermarked

Input yang digunakan yaitu file berekstensi (.mp3) dengan keterangan yang telah diberi watermark.

2. Proses Hitung Framerate Sinyal Audio

Dari file mp3 watermarked yang diinputkan sebelumnya akan dihitung total data frameratenya.

3. Proses Membagi Data Sinyal Audio Kedalam Segmen

Dari data sinyal audio akan dibagi kedalam segmen lalu akan dihitung menggunakan *Fourier Transform* untuk memperoleh *Data Koefisien Watermark*.

4. Proses Kolerasi

Rumus dari Proses Kolerasi adalah

$$\text{Data Koefisien Audio Watermark} - \text{Data Koefisien Original} = \text{Data Watermark}$$

Dari Data Koefisien Audio Watermarked sebelumnya akan dikurangkan dengan Data Koefisien Original lalu menghasilkan Data Watermark, dimana yang didalamnya terdapat nilai PN Code dan Parameter Watermark dan Bit Watermark. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan nilai PN Code, Parameter Watermark, Bit Watermark. Sebelumnya. Jika hasilnya sama akan dilanjutkan ketahap Proses Konversi.

5. Proses Konversi Biner ke Char

Data yang berisi nilai 1 dan 0 dari perhitungan kolerasi akan dikonversikan ketipe data decimal kemudian dikonversikan lagi ketipe data char.

6. Output Teks Watermark

Dari hasil konversi sebelumnya maka diprogram akan menampilkan pesan/teks watermark

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Audio Original

Berikut adalah informasi terkait spesifikasi data sebelum diwatermark. pengambilan data informasi Mp3 menggunakan aplikasi MediaInfo. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Data (.mp3) Original /Sebelum di Watermark

No	Nama File (.mp3)	Ukuran File (Mb)	Durasi (Detik)	Bitrate (Kb/s)	Sampling Frekuensi (KHz)
1	Iwan Fals - Yang Terlupakan	4.52	04.56	128	44.1
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	4.30	04.42	128	48.0
3	(Piano Instrumental) Endless Love	4.59	04.43	192	44.1
4	Ungu - Melayang	3.50	03.47	128	44.1
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	3.70	04.02	128	48.0

B. Data Audio Setelah Diberi Watermark

Berikut adalah hasil output data audio yang telah diberi watermark. Pengambilan data informasi menggunakan software MediaInfo. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data (.mp3) Setelah di Watermark

No	Nama File (.mp3)	Ukuran File (Mb)	Durasi (Detik)	Bitrate (Kb/s)	Sampling Frekuensi (KHz)
1	Iwan Fals - Yang	4.52	04.56	128	44.1

No	Nama File (mp3)	Ukuran File (Mb)	Durasi (Detik)	Bitrate (Kb/s)	Sampling Frekuensi (KHz)
	Terlupakan				
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	4.30	04.42	128	48.0
3	(Piano Instrumental) Endless Love	4.33	04.43	128	44.1
4	Ungu - Melayang	3.48	03.47	128	44.1
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	3.70	04.02	128	48.0

Berikut pada Gambar 6 juga hasil tampilan pada program yaitu memiliki 3 poin penting yang ditampilkan diantaranya menampilkan teks watermark, menampilkan BER (Bit Error Rate), menampilkan NC (Normalize Correlation).



Gambar 6. Tampilan Antar Muka Extracting Watermark

C. BER (Bit Error Rate)

Berikut table data hasil BER dari pemberian watermark kepada file audio. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Data BER (.mp3) Setelah diWatermark

No	Nama File (.mp3)	BER (Bit error Rate)
1	Iwan Fals - Yang Terlupakan	0
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	0
3	(Piano Instrumental) Endless Love	0
4	Ungu - Melayang	0
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	0

Keterangan nilai dalam Tabel 3, jika nilai 0 Maka nilai bit yang disematkan diawal dan tidak ada perubahan pada saat diekstrak maka dapat dikatakan watermark masih ada.

D. Cropping

Setelah file mp3 original diwatermark, maka akan dilakukan Cropping atau dipotong dan diambil pada

detik 02.00 – 03.00. pengambilan data informasi Mp3 menggunakan aplikasi *MediaInfo*. Berikut hasil dari

outputnya bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Data Uji Cropping

No	Nama File (.mp3)	Ukuran File (Kb/Mb)	Output Watermark
1	Iwan Fals - Yang Terupakan	986 Kb	ø Áÿøäü- ?ÿ ÿü-
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	937 Kb	Áÿø _____ äü-x?ÿ ÿü-ø
3	(Piano Instrumental) Endless Love	1.37 Mb	äÿ _____ üø8À ?äÄÿÿ à Äø
4	Ungu - Melayang	937 Kb	øø øräü?ÿÿøÿø ø _____ Ä?
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	938 Kb	øÿø ÿøø ÿÿø ø ø

E. Penambahan Noise

File mp3 yang telah diberi watermark diuji terhadap serangan penambahan noise jenis *white* dengan ketinggian amplitude (α) = 0.002, selama panjang waktu 2 menit. Penambahan noise dilakukan menggunakan software *Audacity* dan pengambilan informasi menggunakan software *MediaInfo*. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 5..

Tabel 5. Hasil Data Penambahan Noise

No	Nama File (.mp3)	Ukuran File (Kb/Mb)	Output Watermark
1	Iwan Fals - Yang Terupakan	6.24 Mb	Belajar Kriptograf
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	4.88 Mb	Belajar Kriptograf
3	(Piano Instrumental) Endless Love	5.27 Mb	Belajar Kriptograf
4	Ungu - Melayang	4.51 Mb	Belajar Kriptograf
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	4.38 Mb	Belajar Kriptograf

F. Kompresi

File yang telah diwatermark akan diuji terhadap serangan kompresi yaitu menggunakan layanan website <https://www.onlineconverter.com/compress-mp3> dengan kualitas *good compression*. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 6.

Table 6. Hasil Data Kompresi

No	Nama File (.mp3)	Ukuran File (Kb/Mb)	Output Watermark
1	Iwan Fals - Yang Terupakan	254 Mb	Belajar Kriptografi
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	1.95 Mb	Belajar Kriptografi

3	(Piano Instrumental) Endless Love	2.12 Mb	Belajar Kriptografi
4	Ungu - Melayang	2.03 Mb	Belajar Kriptografi
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	2.25 Mb	Belajar Kriptografi

G. Resampling

File mp3 yang telah diberi watermark diuji terhadap serangan Resampling dengan ketinggian frekuensi (frekuensi utama / 2) atau bisa diartikan setengah dari frekuensi utama. Resampling dilakukan menggunakan software *Audacity*. Berikut hasil dari outputnya bisa dilihat pada Tabel 7..

Table 7. Hasil Data Resampling

No	Nama File (.mp3)	Resampling (KHz)	Ukuran File (Kb/Mb)	Output Watermark
1	Iwan Fals - Yang Terupakan	22.050	4.56 Mb	Belajar Kriptografi
2	(Piano Instrumental) Kiki's Delivery Service	24.000	4.86 Mb	Belajar Kriptografi
3	(Piano Instrumental) Endless Love	22.050	4.80 Mb	Belajar Kriptografi
4	Ungu - Melayang	22.050	3.56 Mb	Belajar Kriptografi
5	Zayn, Zhavia Ward - A Whole New World	24.000	4.07 Mb	Belajar Kriptografi

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah diimplementasikan watermarking pesan/teks kedalam file audio dengan menggunakan metode spread spectrum.

2. Penelitian mengambil 5 buah file audio yang berke ekstensi (.mp3) dan watermark teks yang berke ekstensi (.txt) dengan parameter sebagai ambang batas pendengaran yaitu diberikan nilai $\alpha = 0.005$, $\beta = 1$, $\gamma = 0.5$.
3. Dari keseluruhan penelitian ini bahwa memperoleh hasil data sebagai berikut : 1) hasil data setelah di watermark yaitu tidak memiliki perbedaan nilai ukuran file dan durasi, 2) file audio yang telah di watermark diuji dengan serangan *Resampling*, *Penambahan Noise*, *Kompresi*, *Cropping* demi bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh ketahanan watermark yang disematkan dalam file audio. Hasil data dari *Resampling* yaitu memiliki perubahan pada ukuran file dan setelah diekstrak teks watermark yang tidak berubah, Hasil data *Penambahan Noise* yaitu memiliki perubahan pada nilai ukuran file saja dan setelah diekstrak teks watermark tidak berubah, Hasil data *Kompresi* yaitu memiliki perubahan pada ukuran file dan setelah diekstrak dan teks watermark tidak berubah, Hasil data *Cropping* yaitu memiliki perubahan pada nilai ukuran file, durasi waktu, setelah diekstrak teks watermark berubah.

REFERENSI

- [1]. N. D. Lestari, "Proses Produksi Dalam Industri Musik Independen Di Indonesia" *Jurnal Komunikasi* 10(2), Vol 10, No.2, pp.161-168, 2019
- [2]. R. Z. Alhamri, E. Suryani, W. Widiarto, "Audio Watermarking dengan Metode Direct Sequence Spread Spectrum untuk Konten Musik Digital" *Jurnal ITS MART*, Vol.2, No.1, 2013
- [3]. I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton dan T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia" *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, Vol. 6, No. 12, 1997
- [4]. C. F. Zhaanias, 2009, "Implementasi Modifikasi Metode Frequency Hopping Spread Spectrum Pada Audio Watermarking", Skripsi. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- [5]. X. He, 2012, "Signal Processing, Perceptual Coding and Watermarking of Digital Audio", USA : *Information Science and Reference IGI Global*.
- [6]. D. Kirovski and H. S. Malvar, "Spread Spectrum Watermarking of Audio Signals" *IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING*, Vol. 51, No. 4, pp. 1020-1033, 2013
- [7]. F. Y. Shih, 2017, "Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques (Second Edition)", USA : Taylor and Francis Group
- [8]. E. Husein, M. A. Belal, "Digital Watermarking Techniques, Applications and Attack Applied to Digital Media: A Survey" *International Journal of Engineering Research & Technology IJERT*, Vol.1, No. 7, 2012
- [9]. P. Dutta, D. Bhattacharya, T. Kim, "Data Hiding in Audio Signals" *International Journal of Database Theory and Application*, Vol. 2, No. 2, 2009
- [10]. N. Cvejic, T. Seppanen, "Spread Spectrum Audio Watermarking Using Frequency Hopping Spread and Attack Characterization", *Signal Processing*, No. 84, pp. 204-213, 2004
- [11]. M. Khalil, A. Adib, "Audio Watermarking System Based on Frequency Hopping Modulation" *IEEE*, 2014
- [12]. Y. Said, Fatih, "Robust Frequency Hopping and Direct Sequence Spread Spectrum Audio Watermarking Technique on Wavelet Domain" *ICECCO*, 2013