

PERLINDUNGAN HAK CIPTA PADA AUDIO WATERMARKING DENGAN EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION (EMD) DAN BEAT DETECTION

*COPYRIGHT PROTECTION IN AUDIO WATERMARKING BASE ON EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION (EMD) AND BEAT DETECTION*

Muhammad Samsul Muarif<sup>1</sup>, Ir. Jangkung Raharjo M.T.<sup>2</sup>, I Nyoman Apraz R., S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>samsul.aya@gmail.com <sup>2</sup>jkr@btp.or.id , <sup>3</sup>ramatyana@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**

Perlindungan hak cipta pada berbagai media mutlak di perlukan . Media yang dimaksud dapat berupa gambar, audio, teks, maupun video. Semakin perkembangan teknologi multimedia dan internet mendorong dan mempermudah pembuatan serta pendistribusian konten digital, Dalam waktu bersamaan isu baru muncul yaitu penyalahgunaan Hak Atas Kekayaan Intelektual (HAKI). Oleh karena itu, watermark digital diperkenalkan sebagai salah satu solusi dari masalah perlindungan hak cipta konten multimedia.

Watermarking merupakan suatu cara untuk menyembunyikan atau penanama data/informasi tertentu ke dalam suatu data digital lainnya . Pada tugas akhir ini, dibuat sebuah sistem watermarking pada file audio menerapkan metode Empirical Mode Decomposition (EMD) dan Beat Detection adapun cara kerja Beat Detection dan EMD adalah Algoritma untuk menemukan lokasi beat, informasi tentang struktur ritmik lagu setelah itu mendekomposisikan sinyal menjadi komponen yang disebut Intrinsic Mode Function (IMF) dan residu. Kemudian bit pesan akan disisipkan pada komponen residu untuk mengurangi dampak terasanya perubahan sinyal

Pada tugas akhir ini di harapkan hasil keluaran sama dengan hasil penyisipan BER (*Bit Error Rate*) = 0 selain itu juga akan di adakan pengukuran serta survei terhadap hasil untuk memastikan penyisipan tidak terlalu mempengaruhi audio asli dengan adanya uji subjektif dengan ODG (*Objective Difference Grade*), uji terhadap derau SNR (*signal to noise ratio*) > 20db dan untuk mempermudah tampilan maka di gunakan GUI (*Graphical User Interface*)

**Kata Kunci :** *Audio Watermarking, Beat Detection, EMD, Hak atas kekayaan intelektual (HAKI)*

**Abstract**

The protection of copyright on various media is absolutely necessary. The media in question can be images, audio, text, or video. Increasingly, the development of multimedia and internet technology encourages and simplifies the manufacture and distribution of digital content. At the same time, new issues arise that is the abuse of Intellectual Property Rights (IPR). Therefore, a digital watermark was introduced as one of the solutions to the problem of copyright protection of multimedia content.

Watermarking is a way of concealing or transmitting certain data / information into other digital data. In this final project, created a watermarking system in audio file using Empirical Mode Decomposition (EMD) and Beat Detection method as is Algorithm to find beat location, information about rhythmic structure of song after it decompose signal into Compound is called Intrinsic Mode Function (IMF) and residue. Then the message bit will be inserted on the residual component to reduce the impact of the signal change

In this final project is expected to output the same with the insertion results mean BER (*Bit Error Rate*) = 0 and will also be held measurement and survey of the results to ensure the insertion is not too affect the original audio with ODG (*Objective Difference Grade*), test from noise (*Signal to Noise Ratio*) > 20 db and to facilitate the display then the use of GUI (*Graphical User Interface*)

**Keyword :** *Audio Watermarking, Beat Detection, EMD, Intellectual Property Rights (IPR)*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan zaman memungkinkan manusia untuk mengakses maupun membagi berbagai jenis informasi digital, salah satu contohnya informasi dalam format digital adalah audio. kemudahan tersebut merupakan hal positif namun dalam waktu bersamaan timbul isu baru yaitu penyalahgunaan hak atas kekayaan intelektual (HAKI) format digital membuat suatu data dapat diubah dengan mudah oleh orang lain, oleh karenanya diperlukan suatu cara agar karya tersebut dapat dilindungi dan dibuktikan kepemilikannya.

Dalam rangka melindungi suatu hak atas kekayaan intelektual (HAKI), salah satu caranya adalah melalui Teknik watermarking. Watermarking merupakan suatu cara untuk menyembunyikan atau menyisipkan data/informasi tertentu ke dalam suatu data digital lainnya. Watermarking sinyal audio cukup sulit daripada watermarking gambar atau video yang karena sistem pendengaran manusia lebih sensitif dibandingkan dengan sistem visual manusia [1]

Dalam beberapa tahun terakhir sejumlah besar metode telah diusulkan untuk bisa menanamkan informasi ke file audio meskipun sebagian besar dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan. Namun beberapa metode beberapa tahun terakhir cenderung memiliki banyak kekurangan karena sejumlah besar bit yang digunakan untuk penyisipan suara mayoritas mengalami kerusakan karena serangan hal ini disebabkan kesalahan memilih daerah yang disisipkan, oleh sebab itu kita harus dapat menentukan lokasi penyisipan yang sulit di rusak oleh serangan, karena itu, pada tugas akhir ini Untuk mengatasi hal ini diusulkan sebuah metode untuk audio watermarking bernama empiris Modus decomposition dan beat detection digunakan untuk mendeteksi lokasi untuk menanamkan watermark. Dalam rangka untuk menemukan lokasi penyisipan yang tepat, untuk sekedar info terdapat 2 macam serangan yaitu serangan yang disengaja atau berbahaya dan serangan yang tidak diinginkan atau tidak berbahaya [2],

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Watermarking

*Watermarking* merupakan suatu bentuk dari *Steganography* (Ilmu yang mempelajari bagaimana menyembunyikan suatu data pada data yang lain), dalam mempelajari teknik bagaimana penyimpanan suatu data (digital) kedalam data *host* digital yang lain (Istilah *host* digunakan untuk data/sinyal digital yang ditumpangangi). *Watermarking* (tanda air) ini agak berbeda dengan tanda air pada uang kertas. Tanda air pada uang kertas masih dapat kelihatan oleh mata telanjang manusia (mungkin dalam posisi kertas yang tertentu), tetapi *watermarking* pada media digital disini dimaksudkan tak akan dirasakan kehadirannya oleh manusia tanpa alat bantu mesin pengolah digital seperti komputer, dan sejenisnya.

*Steganography* berbeda dengan *cryptography*, letak perbedaannya adalah hasil keluarannya. Hasil dari *cryptography* biasanya berupa data yang berbeda dari bentuk aslinya dan biasanya datanya seolah-olah berantakan (tetapi dapat dikembalikan ke bentuk semula) sedangkan hasil keluaran dari *steganography* ini memiliki bentuk persepsi yang sama dengan bentuk aslinya, tentunya persepsi disini oleh indera manusia, tetapi tidak oleh computer atau perangkat pengolah digital lainnya. *Watermarking* ini memanfaatkan kekurangan-kekurangan sistem indera manusia seperti mata dan telinga. Dengan adanya kekurangan inilah, metoda *watermarking* ini dapat diterapkan pada berbagai media digital.

Jadi *watermarking* merupakan suatu cara untuk menyembunyikan atau penanaman data/informasi tertentu (baik hanya berupa catatan umum maupun rahasia) ke dalam suatu data digital lainnya, tetapi tidak diketahui kehadirannya oleh indera manusia (indera penglihatan atau indera pendengaran), dan mampu menghadapi proses-proses pengolahan sinyal digital sampai pada tahap tertentu[6].

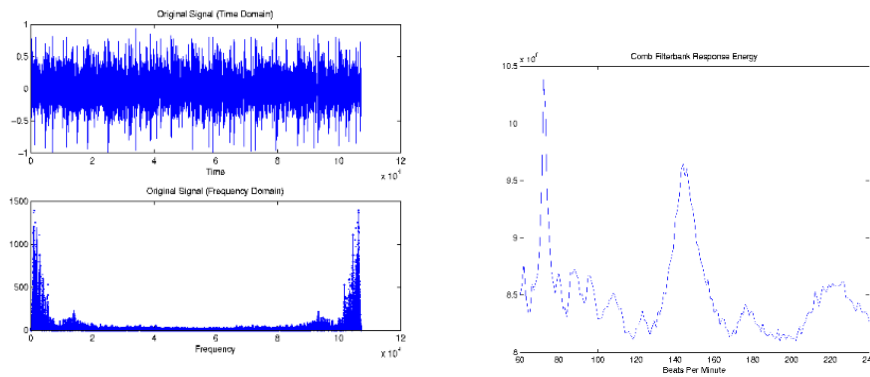
### 2.2. Beat Detection

konten watermarking dari lagu biasanya bertepatan dengan lokasi beat yang mengandung frekuensi rendah yang terdistorsi suara lainnya. Oleh karena itu di pilihlah beat deteksi algoritma ini pertama akan mengidentifikasi sesuai posisi beat dan kemudian mengambil 20 frame dari 64 sampel di setiap lokasi beat. Jumlah 64 sampel dipilih, karena mereka memiliki 15-20 poin ekstrim. Kami akan menggunakan titik-titik ekstrim setiap frame untuk pemungutan suara mayoritas untuk satu BIT

Beat detection adalah Algoritma untuk menemukan lokasi beat, informasi tentang struktur ritmik lagu, serta beat tempo lagu Ada tiga pendekatan utama yang berbeda untuk deteksi tempo:

1. menggunakan metode korelasi
2. menggunakan pendeteksi nada awal dan kemudian mencari rata-ratanya atau sering disebut interonsite interval (IOI),
3. pendekatan resonator - biasanya dengan *comb filter*

untuk deteksi tempo kali ini akan lebih menggunakan yg ke 3 yang berarti *comb filter* ,



Gambar 2.1 sinyal original (kiri) hasil comb filter kanan

Dengan demikian, metode ini bergantung hanya pada menemukan basis tempo yang disebut Tatum. dan menganalisis seberapa baik kelipatan bilangan bulat dari Tatum ini beresonansi dengan sebagian besar lagu. Tatum akan berkorespondensi Untuk tempo beat rendah atau lebih tinggi. kemudian di tahap algoritma, setelah beat tempo diketahui, mungkin setelah itu adalah untuk menemukan fase yang benar dari ketukan, dengan melihat output filter dan pelacakan fase seluruh lagu untuk memilah-milah kesalahan. [7]

### 2.3. Empirical Mode Decomposition

*Empirical Mode Decomposition* (EMD) merupakan bagian mendasar dari transformasi Hibert-Huang yang dibutuhkan untuk menangani data dari sebuah proses nonstasioner dan nonlinier. Metode penguraian pada EMD berdasarkan pada asumsi sederhana bahwa setiap data terdiri dari mode intrinsik yang berbeda-beda pada sebuah osilasi. Dengan menggunakan EMD, kumpulan data rumit dapat diuraikan ke dalam komponen yang lebih kecil dan jumlah yang terbatas serta memiliki frekuensi dan amplitude sinyal termodulasi yang disebut fungsi mode intrinsic (IMF). IMF (*Intrinsic Mode Function*) adalah sinyal yang memiliki karakteristik sebagai berikut [7] :

1. Sinyal memiliki jumlah titik *extrema* dan jumlah *zero-crossing* sama atau paling banyak berbeda satu.
2. Pada setiap titik dari sinyal nilai rata-rata (*mean*) dari selubung yang didefinisikan oleh maksimum lokal dan selubung yang didefinisikan oleh minimum lokal harus nol.

Berdasarkan definisi IMF diatas, maka suatu sinyal dapat diuraikan menjadi komponen IMF dengan langkah sebagai berikut [8] :

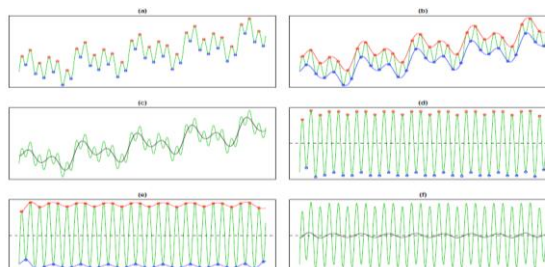
1. Identifikasi semua nilai ekstrim lokal (maksimum/minimum) dari sinyal
2. Menghubungkan semua maksimum lokal dengan garis penghubung yang disebut dengan selubung atas (*emax*) dan menghubungkan semua minimum lokal dengan garis penghubung yang disebut selubung bawah (*emin*).
3. Tentukan nilai rata-rata (*mean*) antara selubung atas dan bawah.
4. Sinyal asli dikurangkan dengan hasil *mean* tadi dan diperoleh sinyal baru  $h(t)$  yang merupakan kandidat sinyal IMF.

$$m(t) = (emax(t) + emin(t)) / 2$$

$$h(t) = x(t) - m(t)$$

Sinyal baru  $h(t)$  disebut IMF jika memenuhi definisi IMF seperti dijelaskan sebelumnya, jika tidak maka prosedur yang sama diulang terhadap sinyal  $h(t)$  sampai definisi IMF terpenuhi. Proses perulangan ini disebut *sifting process*.

Gambar 2.1 merupakan contoh *sifting process* untuk mendapatkan komponen IMF

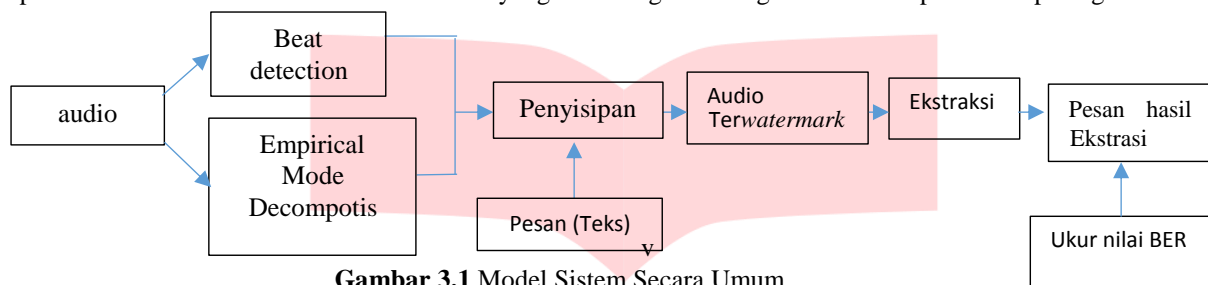


Gambar 2.1 Sifting Process [8]

### 3. Perancangan sistem

#### 3.1. Model sistem

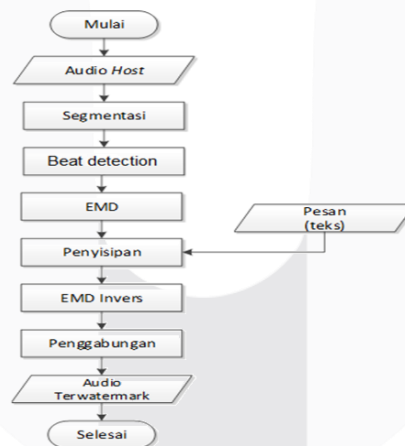
Audio Sistem perlindungan hak cipta dengan water marking ini lakukan dengan penyisipan sebuah pesan kedalam file audio dimana proses penyisipan pesan diusahakan tidak merusak audio dan pesan dapat di ekstrak kembali dengan benar. Secara garis besar proses audio watermarking pada tugas akhir ini dibagi menjadi 2 tahap yakni tahap penyisipan dan tahap ekstraksi. Tahap penyisipan adalah menyisipkan sebuah pesan berupa teks kedalam file audio berformat \*.wav dengan metode beat detection dan EMD kemudian dihasilkan sebuah audio terwatermark yang akan dinilai kualitasnya melalui parameter SNR dan MOS. Kemudian tahap kedua adalah pengestraksian kembali pesan yang telah disisipkan dan dinilai keakuratan dari pesan hasil ekstraksi melalui parameter BER. Secara umum model sistem yang dirancang untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model Sistem Secara Umum

#### 3.2. Proses Sistem Penyisipan

Proses penyisipan adalah suatu proses penggabungan data *watermark* dengan audio *host*, mulai dari proses pembacaan audio *host* dan data *watermark* sampai terbentuk audio *terwatermark*. Berikut penjelasan secara tentang proses penyisipan.proses penyisipan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penyisipan

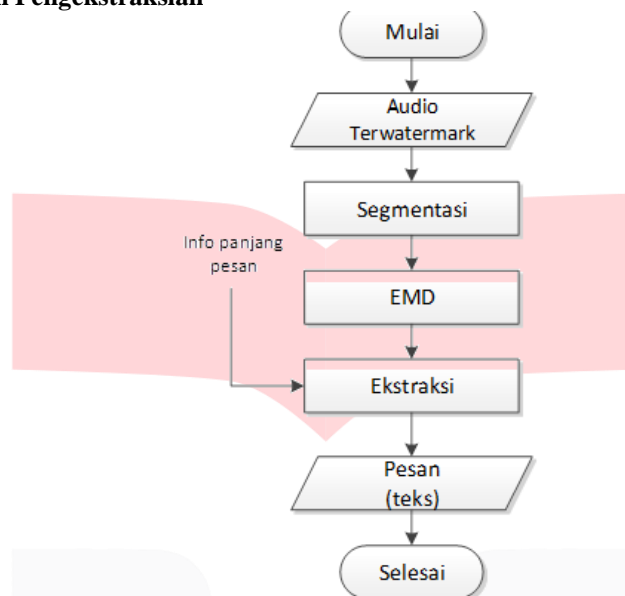
1. Segmentasi  
dilakukan untuk mengelompokkan sinyal audio tersebut menjadi beberapa *frame* dengan panjang *frame* sesuai dengan kebutuhan proses penyisipan dilakukan pada setiap *frame*
2. Beat Detection  
Proses segmentasi Pada beat detection sinyal hasil segmentasi di olah seperti di jelaskan sebelumnya di perkiraan akan memiliki beberapa titik ekstrim. Beat detection memungkinkan kita untuk melakukan penyisipan atau tidak. Dengan menggunakan titik-titik ekstrim setiap *frame* untuk pemungutan suara mayoritas untuk satu BIT
3. Empirical Mode Decomposition  
Mendekomposisikan sinyal menjadi beberapa komponen intrinsic (IMF).kemudian dipilih komponen paling akhir (*residu*) sebagai lokasi penyisipan
4. Penyisipan

Strategi penyisipan yang dilakukan disini adalah dengan memodifikasi bagian pada audio yang akan disisipkan dengan membagi menjadi frame frame seperti yang di jelaskan sebelumnya pada segmentasi , selanjutnya akan di deteksi menggunakan Beat detection bagian pada frame audio tersebut , pada file audio beat detection mendeteksi titik ekstrim yaitu perbedaan dari nada ke nada *residu* yang kita inginkan

#### 5. Penggabungan

Frame-frame yang terbentuk dari proses segmentasi diawal di gabungkan kembali untuk menjadi sinyal utuh (audio terwatermark).

### 3.3. Perancangan Sistem Pengekstraksian



**Gambar 3.3** Diagram Alir Tahap Ekstraksi

Gambar 3.3 merupakan diagram alir tahap ekstraksi pesan untuk mendapatkan kembali pesan yang disisipkan pada audio, adapun tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

Tidak jauh berbeda dengan perancangan sistem penyisipan , dalam sistem pengekstraksian dalam rangka untuk mengekstrak watermark, pertama kita harus mengidentifikasi Beat detection. Setelah deteksi beat, kami mengidentifikasi frame, menganalisis mereka menggunakan EMD, dan ambang batas mereka dalam rangka untuk mengidentifikasi watermarking. Dengan demikian, langkah-langkah sebagai berikut:

1. mengidentifikasi lokasi beat
2. foreach beat lokasi memilih 20 frame
3. foreach bingkai, menemukan semua titik ekstrem dan menghitung  $D(t)$ :

$$D(t) = \begin{cases} S(t) - [S(t)/T] * T & \text{jika minimum} \\ S(t) - [S(t)/T] * T & \text{jika maksimum,} \end{cases} \quad (3.2)$$

dimana :

$S(t)$  adalah sinyal asli, pada sampel

$t$  adalah Titik treme di IMF pertama,

dan  $T$  adalah threshold yang digunakan dalam yang embedding untuk frame tertentu.

4. penggunaan foreach frame  $D$  (untuk) untuk menghitung  $w_i$ , watermark pada ekstrem, yang akan memilih untuk sedikit watermark bingkai

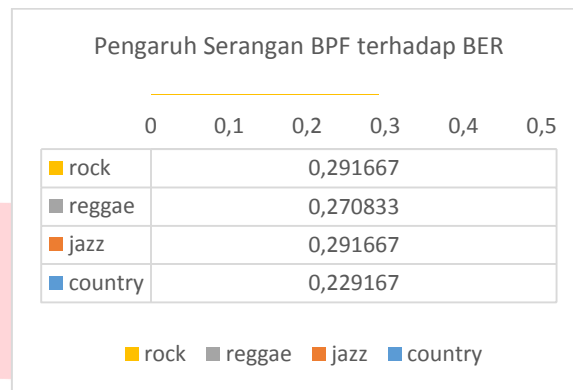
$$w_i = \begin{cases} 1 & \text{if maximum and } D(t) > T/2 \\ 1 & \text{if minimum and } D(t) < -T/2 \\ 0 & \text{if maximum and } D(t) < T/2 \\ 0 & \text{if minimum and } D(t) < -T/2 \end{cases} \quad (3.3)$$

dimana  $w_i$  adalah watermark dari frame ekstrem

**4. Pengujian Sistem dan Analisis**

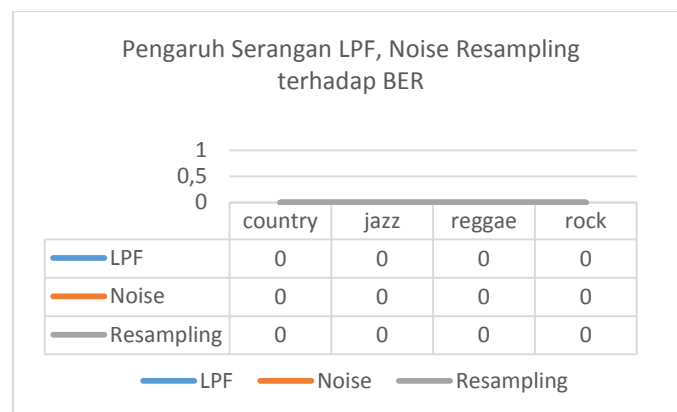
**Analisis Ketahanan Audio Terhadap Serangan Sinyal Digital Analisis**

Dalam hal ini akan dilakukan analisis ketahanan audio *watermaking* terhadap pengolahan sinyal digital, hal ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan (*robustness*) watermark terhadap beberapa proses pengolahan sinyal audio, adapun serangan yang diberikan berupa BPF, LPF, noise dan resampling parameter yang dilihat adalah nilai BER Gambar 4.7 menunjukkan hasil terhadap serangan BPF



**Gambar** Pengaruh Serangan BPF terhadap BER

Gambar 4.8 menunjukkan hasil terhadap serangan LPF, *noise*, dan resampling dengan bit bertuliskan ‘telkom’



**Gambar** Pengaruh Serangan LPF, Noise Resampling terhadap BER

**5. Kesimpulan dan Saran**

**5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pengujian sistem, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pengujian sistem, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan tujuan mengimplementasikan metode Empirical mode decomposition dan Beat detection untuk menentukan hak cipta dinyatakan “Berhasil” dimana sistem mampu mencapai nilai BER 0 %
2. Berdasarkan pada percobaan Hasil analisis terhadap SNR, BER, ODG dan MOS diketahui SNR >20db yang artinya Baik , pada BER hasil sebelum serangan BER 0% dan begitupula hasil setelah serangan untuk Genre Tertentu, pada ODG tidak terdapat masalah , nilai ODG terbaik terjadi pada Threshold = 1, pada MOS diketahui hasil 3,65 sampe 4,05 sehingga dapat di simpulkan baik

3. Berdasarkan hasil Ukur pada masing - masing Genre lagu ;country , jazz , reggae, dan rock di ketahui SNR terbaik pada genre musik country dengan pada pengujian serangan metode dinyatakan tidak tahan terhadap BPF dan Tahan terhadap serangan LPF, Noise dan Resampling
4. Parameter Threshold tidak mempengaruhi BER dan hanya mempengaruhi mempengaruhi SNR dan ODG dari percobaan dihasilkan untuk SNR maksimal menggunakan threshol=0.25 sedangkan untuk ODG maksimal menggunakan Threshold =1.
5. panjang *frame* memberi pengaruh terhadap nilai SNR ODG dan BER semakin besar *frame* maka SNR akan semakin turun , hal ini di akibatkan semakin besar frame maka akan semakin besarnoise yang di hasilkan , pada uji frame BER =0 pada fram 64, 128,256, dan untuk SNR maksimal dengan threshold 0,25 adalah frame 64 sedangkan untuk ODG maksimal dengan Threshold 1 adalah frame 128

### Saran

Berikut saran yang bisa dilakukan untuk mengembangkan sistem ini.

1. Terdapat nilai SNR berbeda pada genre country pada thresh 0.5 (tabel 4.1) hal ini menarik dan dapat di analisa lebih lanjut
2. Menggunakan *beberapa* Genre lagu berbeda dan Mencoba beberapa Methode lain dan menggabungkannya
3. Sistem dapat disimulasikan lebih lanjut pada bahasa pemrograman yang lain, seperti bahasa java, C, dan sebagainya.

**Daftar Pustaka:**

- [1] D. G. d. N. M. W. Bender, Techniques for data hiding in Proc. SPIE, vol. 2420, San Jose, 1995.
- [2] R. F. O. a. O. Khalifa, "Digital audio watermarking; techniques and applications," in *International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)*, malaysia, 2012.
- [3] G. S. d. A. Afrillyana Purba, "Hukum HKI Indonesia," in *Penerbit PT Rineka Cipta*, jakarta, 2005.
- [4] S. Jim, "GENRE," in *Grove Music online*, oxford music online.
- [5] R. Manggala, "Analisis Kriptografi dalam penentuan Cipherteks kode ASCII melalui metode Aljabar Boolean," in *Teknik Informatika, Institut Teknologi*, bandung, 2010.
- [6] k. Sudono H. Supangkat, ""Watermarking Sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta Pada data Digital",," in *Departement Teknik Elektro, ITB*, Bandung, 2000.
- [7] M. T. a. B. W. Schuller, "AUDIO WATERMARKING BASED ON EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION AND BEAT DETECTION," in *IEEE*, 2016.
- [8] N. E. H. e. al., "The empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis," Proc.R. Soc., vol. 454, no. 1971, pp. 903–995, .," 1998.
- [9] D. a. O. H.-S. Kim, " EMD: A Package for Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectrum, The R Journal, 1, 40-46.," 2009.
- [10] H. Wallace, "Error Detection and Correcting Using BCH Codes," in *Atlantic Quality Design*, Virginia, 2001.
- [11] G. Z. a. Z. Qiu, " Audio watermarking in DCT; Embedding Strategy and Algorithm," in *in Proceedings of 9th International Conference on Signal Processing, (ISP'09)*, pp 2193-2196., 2008.