PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI COMPRESSIVE SENSING UNTUK SISTEM AUDIO WATERMARKING DENGAN METODE KOMBINASI DISCRETE COSINE TRANSFORM DAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM

DESIGN AND IMPLEMENTATION COMPRESSIVE SENSING FOR AUDIO WATERMARKING SYSTEM USING COMBINATION METHOD DISCRETE COSINE TRANSFORM AND DISCRETE WAVELET TRANSFORM

Marissa Kezia Maghein[1] , Gelar Budiman [2] , Irma Safitri [3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi , Fakultas Teknik Elektro , Universitas Telkom

marissamaghein@yahoo.co.id , gelarbudiman@telkomuniversity.ac.id, irmasaf@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Terdapat sebuah teknik pensinyalan yang mampu menyisipkan informasi dalam sebuah data audio sebagai bentuk perlindungan hak cipta dan otentikasi konten yaitu teknik *audio watermarking*. Dalam kasus ini , input watermark akan diproses mengabungkan teknik Compressive Sensing dan pada input audio host akan diproses dengan menggabungkan metode *Discrete Cosine Tranfrom* dan *Discrete Wavelet Transform.* Proses penyisipan watermark ke dalam audio menggunakan teknik *Quantization Index Modulation.*Hasil dari *audio watermark* akan diuji hasilnya berdasarakan parameter performansi sistem ODG ,SNR , dan kapasitas watermark. Setelah melewati proses penyisipan , audio watermark akan diberi serangan dan melewati proses ekstrak untuk mendapatkan watermark yang akan diukur hasilnya mengunakan parameter performansi sistem BER.

Pada tugas akhir ini , proses framing pada input audio dibedakan untuk diteliti hasilnya. Sehingga , pada penelitiaan ini , parameter input audio yang mendapatkan hasil terbaik pada sistem audio watermarking dengan proses framing pada input audio setelah proses DWT,, panjang frame 32 pixels , jumlah bit kuantisasi 8 bits, dan level dekomposisi wavelet 1, throughput 0.1 , dan kedalaman bit 16 yang setelah dilakukan proses dengan serangan pengolahan sinyal dapat bertahan terhadap serangan low past filter , band past filter , noise , speed change dan MP3 compression.

Kata kunci : *Audio Watermarking* , Compressive Sensing , DCT , DWT , QIM

ABSTRACT

There is a signaling technique that is able to insert the information into an audio data as a form of copyright protection and content authentication is audio watermarking techniques. In this case, the watermark input will be processed by combining the Compressive Sensing technique and the host's audio input will be processed by combining the Discrete Cosine Tranfrom and Discrete Wavelet Transform methods. The process of inserting watermarks into the audio using the Quantization Index Modulation technique. The results of the audio watermark will be tested based on the parameters of system performance such as ODG SNR, and watermark capacity. After passing the insertion process, the audio watermark will be attacked and through the extract process to get the watermark to be measured using the performance parameter of the BER system.

In this paper, the process of framing on the audio input is distinguished to be researched.. Thus, in this study, the audio input parameters that get the best results in the audio watermarking system with the

framing process on the audio input after DWT process, the frame length of 32 pixels, the quantity of bits quantization 8 bits, and the decomposition level of wavelet 1, throughput 0.1, and depth bit 16 which, after the process with a signal processing attack can withstand low strike past the filter, band past filter, noise, speed change and MP3 compression.h

Keywords : Audio Watermarking , Compressive Sensing , DCT , DWT , QIM

1. Pendahuluan

Perkembangan jaringan komunikasi digital saat ini memudahkan kita dalam mendapatkan informasi. Gambar , video dan lagu yang tersebar luas di internet dapat diakses oleh khalayak luas di dunia. Data-data yang tersebar di dunia maya tersebut rentan terhadap duplikasi dan manipulasi [1]. Terdapat sebuah teknik pensinyalan digital untuk menyisipkan informasi ke dalam sebuah data sebagai bentuk perlindungan hak cipta dan ontentikasi konten yaitu teknik *watermarking*. Sebuah file audio yang ingin disisipkan informasi rahasia berupa gambar , text , video atau audio di sebut *audio watermarking*. Teknik dan metode yang digunakan dalam proses *audio watermark* harus bisa mempertahankan kualitas yang sama dengan file *audio ho*st sehingga tidak dirasakan perbedaannya oleh indra pendengaran manusia (*imperceptibility*). *Human Auditory System* lebih sensitive daripada *Human Visual System* sebab indra pendengaran manusia mampu menangkap perubahan amplituda dan frekuensi pada suatu sinyal audio[1]. Teknik dan metode yang digunakan dalam *audio watermark* juga harus tahan terhadap serangan pengolahan sinyal digital (*robustness*). Kualitas *audio watermark* dan *ketahanan watermark* terhadap beberapa serangan dapat diketahui melalui pengujian berdasarkan parameter performasi sistem subjektif maupun objektif berupa *BER* , *ODG* , *MOS* , dan kapasitas watermark.

Metode pada penyisipan watermark memiliki dua domain yaitu domain spasial dan domain frekuensi. Domain Spasial memiliki beberapa metode yaitu AM, echo, LSB , QIM dan interpolasi. Untuk domain transform terdapat metode transfromasi fourier, cosine transform dan wavelet transform[16][17]. Pada penelitiaan sebelumnya yang dilakukan oleh Chen dan Zhu telah menggabungkan *DWT-DCT*. *DWT* yang memiliki karakteristik multiresolusi dan DCT yang berfungsi untuk kompresi energy digabung dengan teknik gaussian untuk mengekstrak sinyal *audio host*. Watermark disisipkan menggunakan teknik zero-watermarking yang menyembunyikan watermark tidak di dalam sinyal itu sendiri [2]. Penelitiaan penggabunggan *DWT-DCT* juga dilakukan oleh Wang dan Zhao yang mengusulkan skema *audio watermark* untuk mencegah serangan sinkronisasi. Watermark disisipkan pada frekuensi rendah dengan kuantisasi adaptif sesuai dengan indra pendengaran manusia[3] Penelitiaan oleh himeaur mengusulkan untuk menggabungkan *DWT-DST*. Penyisipan watermark dilakukan di kedua frekuensi rendah dan tinggi. Guna meningkatkan keamanan dan ketahanan itu, watermark dienkripsi dengan transformasi Arnold dan dikodekan oleh *BCH* untuk mengoreksi kesalahan kode. Penulisan memastikan bahwa teknik yang digunakan *DWT-DST* memiliki *imperceptibility* dan *robustness* yang lebih baik bila di bandingkan *DWT-DCT* [4]. Pada penelitiaan yang dilakukan oleh Mustapha Hemis dan Bachir Boudraa mereka mencoba membandingkan kualitas *audio watermark* dari teknik penggabungan *DWT-SVD* , *DWT-DCT* dan *DWT-DST*. Penelitiaan untuk hasil impeceptibility metode penggabungan *DWT-DST* memiliki inaudibility dengan *SNR* 30dB yang lebih baik dari dua metode lainnya. Untuk parameter *robustness DWT-SVD* lebih tahan terhadap serangan [5]. Penelitiaan selanjutnya di lakukan oleh Prof. Sujit M. Deokar dan Bhaveek Daigude yang menggabungkan teknik DWT-DCT dengan *Arnold transform* yang membuktikan bahwa teknik *DWT-DCT* mampu menyisipkan watermark sehingga tahan terhadap sinyal penyaringan.[1] Dari penelitiaan sebelumnya *robustness* dan *imperceptibility* dari metode penggabunggan *DWT-DCT* masih rendah sehingga diusulkan untuk menggunakan teknik *compressive sens*ing dengan menggabungkan metode *DWT-DCT*.

Teknik *audio watermarking* semakin berkembang dan bermunculan. Jenis serangan dalam proses pengolahan sinyal digital juga turut berkembang sehingga dibutuhkan sebuah teknik dan metode watermark terbaik yang mampu menjaga kualitas *audio watermark* dan tahan terhadap serangan. *Compressive sensing* dengan metode *DWT-DCT* di pilih karna *compressive sensing* mampu memilih

jumlah sample yang lebih sedikit dalam mewakili sinyal pada pengukuran. Vektor pengukuran yang dihasilkan oleh teori *compressive sensing* mencakup semua fitur sinyal asli dengan jumlah sample yang jauh lebih kecil dari data [6]. Sementara *DWT* menawarkan analisis multiresolutional dalam waktu dan domain frekuensi, *DCT* memberikan pemadatan energi pada sinyal sehingga kita dapat memilih di mana watermark dapat ditanamkan [1]. Referensi utama pada Tugas Akhir ini adalah *Blind Audio Watermarking Based On Discrete Wavelet* and *Cosine Transform* oleh Prof. Sujit M. Deokar dan Bhaveek Daigude [1]

Dalam jurnal ini di kategori kan dalam 5 bagian : bagian 1 menjelaskan mengenai pendahuluan audio watermarking dan penelitian sebelumnya , bagian 2 menjelaskan mengenai dasar teori audio watermarking dengan metode dan teknik yang digunakan , bagian 3 menjelaskan mengenai perancangan sistem audio watermarking , bagian 4 mengenai analisi hasil dari pengujian yang dilakukan , bagian 5 berisi kesimpulan.

2. Dasar Teori *Audio Watermarking*

2.1 Audio Watermaking

Audio Watermarking adalah teknik penyisipan informasi pada suatu file audio sebagai bukti otentikasi kepemilikan data tanpa mengubah kualitas audio asli sehingga tidak dirasakan perbedaannya oleh indra pendengaran manusia (*HAS*). Informasi watermark yang dapat disisipkan berupa data gambar , text , audio , maupun video.

2.2 *Compressive Sensing*

Compressive sensing adalah teknik pemrosesan sinyal untuk efisiensi rekonstruksi sinyal dengan jumlah data yang dibutuhkan sedikit untuk mewakili sinyal pada teorema nyquist dan kemudian dikembalikan sinyal aslinya yang sama persis. Rekonstruksi sinyal harus bersifat sparse agar memudahkan dalam memilih basis untuk menyatakan sinyal. *Compressive sensing* memerlukan 2 basis untuk di lakukan proses pencuplikan / sensing yaitu *sparsity basis* Ψ yang di gunakan untuk mencari komponen sparse dari sinyal dan *projection Basis* Φ yang digunakan untuk melakukan pengukuran [4]

Sinyal R^N dapat direpresentasikan sebagai N × 1 vektor $\sum_{i=1}^{n} \Psi i$ untuk ortogonal. Menggunakan N × N basis matriks Ψ dengan $\sum_{i=1}^{n} \psi i$ sebagai kolom, dengan nilai real satu dimensi sinyal f dapat di rumus kan menjadi

$$\mathbf{f = \Psi x} \qquad (2.2.1)$$

K dinyatakan sebagai “K-sparse” bila K dari coeficien x pada persamaan (1) bukan nol , saat (N-K) bernilai nol dan $K \ll N$. Dengan mempertimbangkan proses pengukuran linear umum, maka M × N matriks Φ ($M \ll N$) memenuhi

$$\mathbf{y = \Phi f} \qquad (2.2.2)$$

Dalam persamaan. (2), y adalah M × 1 vektor disebut vektor pengukuran, dan Φ adalah M × matriks pengukuran N. Sehingga yang ditunjukkan pada Persamaan. (1), y dapat ditulis sebagai

$$\mathbf{y = \Phi f = \Phi \Psi x = \Theta x} \qquad (2.2.3)$$

di mana Θ = ΦΨ adalah M × N matriks disebut matriks *compressive sensing*. Persamaan (2.2.3) menunjukkan bahwa dimensi dari sinyal f kurang dari M. Dalam teori *compressive sensing*, pengukuran matriks Φ (M × N) memungkinkan rekonstruksi panjang-N sinyal f dari panjang-M sinyal y [3]

2.3 Discrete Wavelet Transform (DWT)

DWT merupakan skema dekomposisi multiresolusi sinyal input set fungsi basis wavelet yang saling saling orthogonal. Proses dekomposisi wavelet sinyal audio melewati dua filter yaitu *HPF (High-Pass Filter)* dan *LPF (Low-Pass Filter).* [1] . Saat sinyal x dilewatkan melalui LPF (Low Past Filter) dengan respon impulse g maka [2] :

$$\mathbf{y}\,[\mathbf{n}] = (\mathbf{x} * \mathbf{g})[\mathbf{n}] = \sum_{\mathbf{k}=-\infty}^{\infty} = \mathbf{x}(\mathbf{k})\mathbf{g}[\mathbf{n}-\mathbf{k}] \quad (2.3.1)$$

2.4 Discrete Cosine Transform (DCT)

DCT merupakan transformasi yang mengubah sinyal dalam kawasan spasial ke kawasan frekuensi yang mampu menunjukan fragmen dari sinyal audio dalam hal penjumlahan dari fungsi kosinus dalam frekuensi yang berbeda.

Transormasi *DCT* di definisikan sebagai berikut :

$$\boldsymbol{X(k)} = \mathbf{w}\,(\boldsymbol{k}) \sum_{n=0}^{N-1} \boldsymbol{x(n)} \cos \frac{(\pi(2n-1)(k-1)}{2N}, \; \boldsymbol{k} = \mathbf{0,1, \ldots ,N\text{-}l} \quad (2.4.1)$$

$$\mathbf{w}\,(\boldsymbol{k}) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{n}} \\ \sqrt{\frac{2}{n}} \end{cases} \quad \boldsymbol{w(k)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & \boldsymbol{k = 0} \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \boldsymbol{k = 1, 2, \ldots, N-1} \end{cases} \quad (2.4.2)$$

2.5 Quantization Index Modulation (QIM)

Quantizaton Index Modulation adalah teknik dala, pengolahan sinyal yang digunakan untuk mengkuantisasi simyal data asli untuk proses penyisipan bit data informasi. Sinyal data asli yang digunakan berupa data audio dan bit informarsi yang disisipkan adalah dari data biner.
Jika ingin disisipkan informasi (z) ke dalam sinyal host (x) maka sinyal komposit yang dihasilkan adalah

$$\mathrm{s}\,(\mathrm{x}\,,\mathrm{z}) = \begin{cases} \mathrm{Ak}\,, \text{if } \mathrm{z} = 1 \text{ dan } \arg\min |y - s(y,z)| \\ \mathrm{Bk}\,, \text{if } \mathrm{z} = 0 \text{ dan } \arg\min |y - s(y,z)| \end{cases}$$

Dimana

Ak = (2k + 0.5) Δ ; Bk = (2k - 0.5) Δ ; z = nilai bit watermark yang disisipkan ; k= 0, ±1 , ± 3 , … dst. Ak dan Bk dipilih sesuai dengan nilai bit-bit watermark tersebut.

Pesan yang disisipkan dapat diekstraksi dengan rumus pada matlab sebagai berikut :

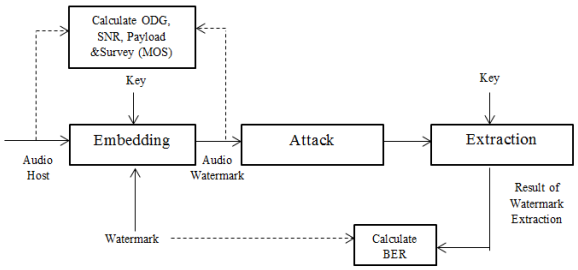
$$\hat{m} = mod\,(ceil\left(\frac{s(y,z)}{\Delta}\right), 2)$$

2.6 Serangan pada sinyal

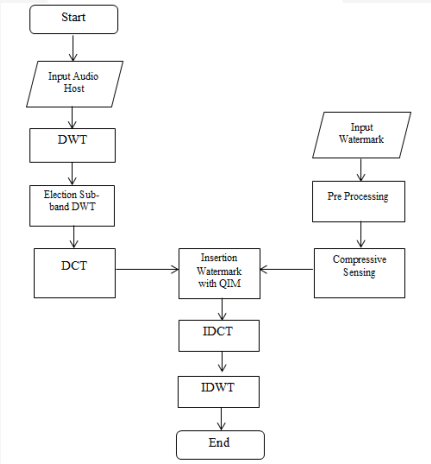
Serangan pada proses pengolahan sinyal digital dilakukan untuk menguji ketahanan sinyal watermark yang telah tertanam dalam file audio host. Terdapat berbagai macam bentuk serangan pada pengolahan sinyal. Penelitiaan Tugas Akhir saya akan menggunakan beberapa jenis serangan yaitu Low Pass Filter , Band Pass Filter , Noise , Resampling , Time Scale Modification, Speed Change , Pitch Shifting , Echo , dan MP3 Compression

3. Perancangan Sistem Audio Watermarking

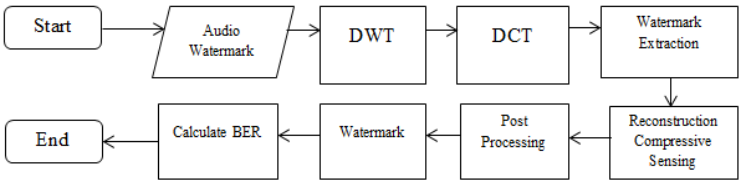
Proses *audio watermark*ing dimulai dengan input audio host dan input data watermark berupa gambar biner. Input audio host akan diubah dari stereo to mono sehingga menjadi satu kanal. Penelitian ini menggunakan framing yang berbeda-beda. Pada skema 3 proses framing dilakukan setelah prose DWT-DCT. Pada skema 6 proses framing dilakukan setelah DWT sebelum DCT dan pada skema 6 proses framing dilakukan sebelum proses DWT-DCT. Proses framing akan disesuaikan per skema. Setelah itu dilakukan proses DWT untuk pemilihan subband DWT dan selanjutnya DCT. Data watermark akan di proses dengan teknik *compressive sensing*. Proses *embedding* dilakukan dengan menyisipkan watermark pada audio host. *Audio Host* dan *Audio Watermark* akan di ukur parameter ODG , SNR dan kapasitas watermark (*payload*).



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan sistem



Gambar 3.2 Proses Embedding



Gambar 3.3 Proses Ekstraksi

Selanjutnya audio watermark akan melewati proses serangan pengolahan sinyal. Setelah di berikan serangan audio watermark akan di ambil watermark nya. Proses tersebut dinamakan ekstraksi. Selanjutnya , watermark akan di hitung nilai BER.

4. Analisis

4.1 Pengaruh parameter yang digunakan terhadap performansi sitem audio watermarking.

Parameter yang akan digunakan untuk menguji performansi sistem audio watermarking dengan menggunakan tiga skema adalah level dekomposisi DWT pada input watermark , rasio compressive sensing , jumlah bit kuantisasi , threshold , panjang frame , level dekomposisi DWT dan kedalaman bit pada input audio host , terhadap performansi sistem ODG , SNR , kapasitas watermark (payload) dan FF. Dari performansi sistem tersebut akan diketahui kualitas audio watermarking (imperceptibility) dan ketahanan watermark tanpa serangan. Hasil yang didapatkan merupakan parameter performansi sistem yaitu ODG ,SNR ,BER , kapasitas watermark (payload),dan FF. Audio host yang digunakan untuk pengujian ini dan sebagai acuan untuk pengujian keseluruhan audio adalah audio Host_EDM.

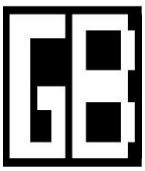
Tabel 4.1 Pengaruh parameter yang digunakan terhadap performansi sitem audio watermarking.

SKEMA	Ndek	Rasio Kompresi Bit	Nbit	thr	N Frame	N level	N bit	ODG	SNR	BER	C	FF	Rasio Kompresi
Skema 3	0	0.025	8	0.1	128	1	16	-1.8575	33.4278	0	229.6875	0.5356	75%
Skema 6	0	0.025	8	0.1	32	1	16	-1.9281	30.3148	0	918.75	0.518	75%
Skema 9	0	0.025	8	0.1	128	1	16	-1.9005	32.1938	0	459.375	0.5249	85%

Pada tabel diatas menunjukan hasil performansi sistem dari parameter-parameter yang diuji. Hasil tersebut akan digunakan untuk menyisipkan watermark pada audio host dan akan diberikan serangan untuk mengetahui ketahananan watermark.

4.2 Pengaruh serangan pengolahan sinyal digital terhadap ketahanan watermark.

Parameter-parameter yang di dapat dari pengujian pada sub bahasan sebelumnya akan digunakan sebagai tempat penyisipan watermark yang setelah itu dilakukan proses ekstraksi dan diberikan serangan untuk menguji ketahanan watermark sesuai dengan parameter performansi sistem yaitu BER. Pada penelitian ini , hanya beberapa sample yang dipilih untuk melihat citra watermark ekstraksi setelah diberikan serangan. Sample yang dipilih berdasarkan skema terbaik diantara 3 skema pengujian. Skema yang terpilih memiliki nilai BER = 0 terbanyak dan dari tiap pengujian serangan pada skema tersebut dipilih citra watermark yang memiliki nilai BER ≤ 0. Besar nya nilai BER mempengaruhi citra watermark yang menjadi kurang baik. Setelah melakukan pengujian pada 3 skema yang tiap skema memiliki 5 file audio dan 9 pengujian serangan , maka dipilihlah skema 6 yang memiiki nilai BER=0 terbanyak. Citra watermark dari tiap serangan terhadap audio host acuan pada sub bahasan sebelumnya yaitu audio EDM akan dipaparkan pada tabel berikut :



Gambar 4.2.1 Citra Watermark

Skema	Audio	Serangan	Pengujian	ODG	SNR	BER	C	FF	Cita Hasil Ekstraksi
6	example_source	LPF	18000 Hz	-1.9281	30.3148	0	918.75	0.518	
		BPF	100 - 18000 Hz	-1.9281	30.3148	0	918.75	0.518	
		Noise	40 dB	-1.9281	30.3148	0	918.75	0.518	
		Resampling	16000	-1.9281	30.3148	0.2908	918.75	0.2272	
		Time Scaling	0.99	-1.9281	30.3148	0.2678	918.75	0.2504	
		Speed Change	0.85	-1.9281	30.3148	0	918.75	0.518	
		Pitch Shifting	96	-1.9281	30.3148	0.4924	918.75	0.0255	
		Echo	*	-1.9281	30.3148	0.2473	918.75	0.2707	
		MP3 Compression	256	-2.3048	27.3734	0	918.75	0.4238	

Beberapa sample pengujian menggunakan skema 6 terlihat bahwa semakin besar nilai BER , maka makin kurang baik kualitas citra watermarknya. Dapat dilihat bahwa watermark pada proses framing setelah DWT sebelum , sistem audio watermarking dengan teknik dan metode yang saya gunakan mampu tahan terhadap serangan low pass filter (LPF) , band pass filter (BPF) , noise (kecuali pada Host_Rnb) , speed change , dan MP3 compression. tahan terhadap serangan speed change dan MP3 compression dengan nilai BER ≤ 0.

5. Kesimpulan

Pengujian yang telah dilakukan pada audio watermarking menggunakan metode Discrete Cosine Transform dan Discrete Wavelet Transform dengan teknik compressive sensing sebagai penyisipan watermark , maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Semakin besar level dekomposisi DWT input watermark , semakin kecil nilai SNR , FF dan rasio kompresi nya tetapi memiliki nilai BER yang lebih besar.
2. Rasio kompresi bit mempengaruhi besar kecilnya rasio kompresinya. Semakin kecil rasio kompresinya berarti semakin besar proses kompresi watermark dilakukan oleh compressive sensing.
3. Semakin besar jumlah bit kuantisasi, maka nilai SNR nya semakin besar tetapi memiliki nilai yang semakin kecil pada ODG .
4. Semakin kecil nilai threshold , semakin besar nilai BER nya.
5. Panjang frame pada tiap skema memiliki nilai ODG , SNR , BER dan kapasitas watermark yang bervariatif.
6. Parameter yang paling tahan terhadap serangan yaitu speed change dengan BER=0 pada ke tiap skema dan tiap audio. Pada skema 6 (yang merupakan skema terbaik) , sistem *audio watermarking* dengan teknik dan metode yang saya gunakan memiliki nilai BER $\leq$ 0.1 mampu tahan terhadap serangan *low pass filter* (LPF) , *band pass filter* (BPF) , *noise* (kecuali pada Host_Rnb) , *speed change* , dan *MP3 compression*. Sedangkan pada skema 3 (yang merupakan skema kurang baik) , sistem *audio watermarking* dengan nilai BER $\leq$ 0.1 hanya mampu tahan terhadap serangan *speed change* dan *MP3 Compression* (hanya pada Host_Reggae).
7. Kualitas audio watermark dengan parameter performansi sistem secara subjektif dilakukan survey dengan mendengarkan 15 audio host dan 15 audio watermark kepada 30 responden yang memiliki nilai rata-rata MOS sebesar 4.228888889. Nilai MOS = 4 memiliki arti bhwa watermark yang tertanam pada audio terasa sedikit tetapi tidak menggangu
8. Kapasitas watermark dengan menggunakan compressive sensing memiliki nilai yang lebih besar dari pada yang tanpa compressive sensing.

6. Referensi

[1] D. Sujit M. & D. Bhaveek "Blind Audio Watermarking Based On Discrete Wavelet and Cosine Transform" 2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC) Col/ege of Engineering Pune, India. May 28-30,2015

[2] PUTRA M.FAUZAN RINDRA , 2016 "Perancangan Teknik Digital Audio Watermarking Berbasis Metode Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform dengan Menggunakan Quantization Index Modulation (QIM)", Bandung : S.D

[3] Suksmono A.B "Memahami Penginderaan Kompresif dengan MATLAB", Bandung , Indonesia

[4] Y. Himeur, B. Boudraa and A. Khelalef, "A Secure and High Robust Audio Watermarking System for Copyright Protection", International Journal of Computer Applications, vol. 53, no. 17, pp. 33-39, 2012