

PERANCANGAN TEKNIK DIGITAL AUDIO WATERMARKING BERBASIS METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) DENGAN MENGGUNAKAN QUANTIZATION INDEX MODULATION (QIM)

DIGITAL AUDIO WATERMARKING BASED ON DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) AND DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) USING QUANTIZATION INDEX MODULATION (QIM)

M Fauzan Rindra P.¹ Gelar Budiman, S.T., M.T.² I Nyoman Apraz R, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹fauzanrindra@gmail.com ²gelarbudiman@telkomuniversity.ac.id ³ramatrvana@gmail.com

Abstrak

Dengan berkembangnya teknologi informasi terutama pada internet dan multimedia, pengiriman dan penyebaran media digital menjadi lebih mudah dilakukan. Hal ini menyebabkan seringnya terjadi pelanggaran hak cipta dan hak kepemilikan, seperti mengambil dan memodifikasi data multimedia tersebut secara ilegal. Untuk mengatasi masalah ini, maka digital watermarking dibutuhkan. Penelitian ini akan membahas perancangan teknik watermarking dengan metode DWT (*Discrete Wavelet Transform*) dan DCT (*Discrete Cosine Transform*) dengan menggunakan QIM (*Quantization Index Modulation*) sebagai metode penyisipan data. Host audio akan dibagi menjadi beberapa frame dengan menggunakan DWT level 5, kemudian metode DCT dilakukan untuk setiap koefisien di frame-frame tersebut. Proses penyisipan informasi bit dilakukan dengan metode QIM. Penelitian ini akan menggunakan beberapa jumlah frame dan nilai delta. Hal yang diharapkan dari penelitian ini adalah sistem watermarking yang kuat dan tidak terdengar dengan BER lebih kecil 2% dan SNR 30-50 dB

Kata kunci: *Watermarking, Audio Watermarking, Discrete Wavelet Transform (DWT), Discrete Cosine Transform (DCT), Quantization Index Modulation (QIM)*

Abstract

The development of information technology, especially on internet and multimedia, makes the deployment of digital media becomes easier to do. This causes frequent violations of copyright and proprietary rights, such as retrieve and modify multimedia data illegally. To resolve this problem, digital watermarking is needed. This research will discuss the design of watermarking techniques based on DWT (*Discrete Wavelet Transform*) and DCT (*Discrete Cosine Transform*) using QIM (*Quantization Index Modulation*) as the method of data embedding. Host audio will be divided into several frames by using DWT level 5, then the method performed for each DCT coefficient in the frames. The embedding process of bit information is done by the QIM method. This research will use several number of frame and delta values. This final project is expected to make a robust watermarking system and imperceptible with the value of BER is smaller than 2% and SNR 30-50 dB

Keywords: *Watermarking, Audio Watermarking, Discrete Wavelet Transform (DWT), Discrete Cosine Transform (DCT), Quantization Index Modulation (QIM)*.

1. Pendahuluan

Dengan berkembangnya teknologi informasi saat ini, proses pengaksesan, pengiriman dan penyebaran media digital (Audio, Image, Video, Data, dll) menjadi lebih mudah dilakukan. Kemudahan ini menyebabkan munculnya masalah-masalah baru, seperti pelanggaran hak cipta dan hak kepemilikan (*copyright*), seperti mengambil dan memodifikasi data multimedia tersebut secara ilegal oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digital watermarking dibutuhkan. Digital watermarking berguna untuk identifikasi pemilik, perlindungan hak cipta, penentuan keaslian data, dan pemantauan data.

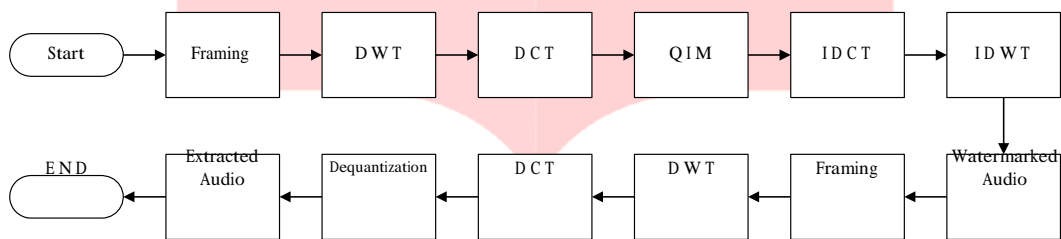
Digital Watermarking adalah teknik untuk menyembunyikan pesan atau informasi yang berkaitan dengan sinyal digital (citra, audio, video) kedalam sinyal itu sendiri. Konsep watermarking berkaitan erat dengan konsep steganografi namun memiliki perbedaan pada hal yang ingin dicapai. Watermarking mencoba untuk menyembunyikan pesan atau informasi yang berkaitan dengan konten asli dari sinyal digital tersebut, sementara steganografi menyisipkan pesan yang tidak berkaitan dengan konten aslinya, dan hanya menggunakannya untuk menyembunyikan pesan.

Pada penelitian ini mengkhususkan teknik *watermarking* yang menggabungkan dua metode, yaitu *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Discrete Cosine Transform (DCT)* dengan menggunakan *Quantization Index Modulation (QIM)* sebagai metode *embedding* untuk menghasilkan sistem yang tahan (*robust*) dan hasil *watermark* yang tidak terdengar (*imperceptible*) dengan nilai BER lebih kecil dari 2% dan SNR 30-50 dB

2. Teori dan Tahap Perancangan

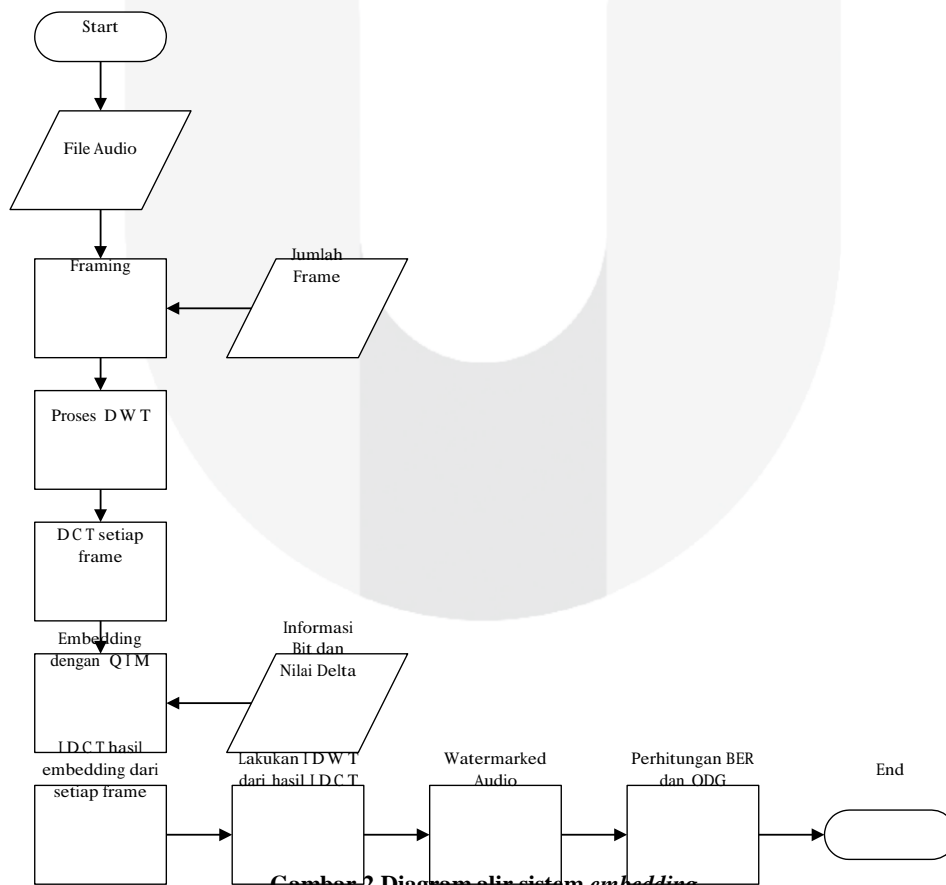
Dalam melakukan perancangan sistem pada penelitian tugas akhir ini skema pertama yang dilakukan adalah seluruh proses teknik watermark mulai dari proses *embedding* sampai dengan ekstraksi. Dalam proses *embedding*, informasi yang disisipkan adalah bit pada audio host. Tahap selanjutnya adalah proses ekstraksi. Proses ekstraksi dilakukan pada sinyal audio yang telah disisipi informasi. Kemudian dilakukan proses pendeteksian informasi yang disisipkan sehingga akan didapatkan informasi bit yang sebelumnya disisipi.

Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih file audio yang akan dipakai untuk penyisipan. Pada penelitian tugas akhir ini, file audio yang dipakai menggunakan ekstensi .WAV. Selanjutnya proses penyisipan (*embedding*) akan dilakukan. Pada proses *embedding* ini, informasi yang akan disisipkan adalah bit. Setelah proses *embedding*, maka akan didapat *watermarked audio*. *Watermarked audio* kemudian diekstraksi untuk didapat hasil BER (*Bit Error Rate*).



Gambar 1 Diagram alir sistem Watermarking

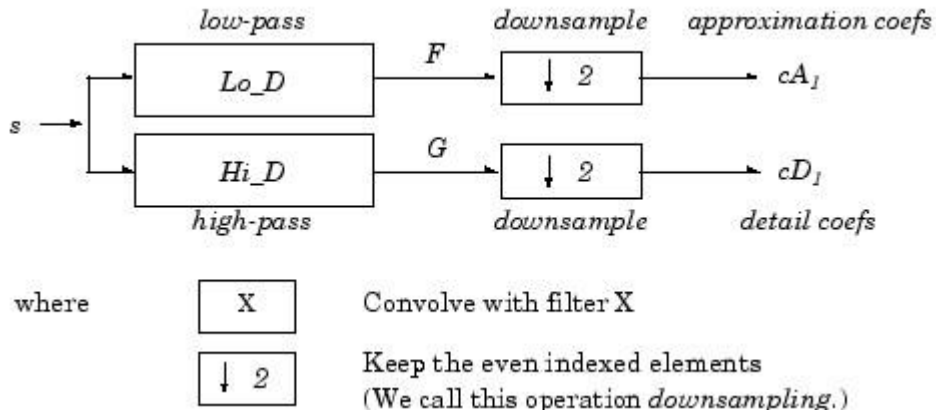
2.1 Proses Penyisipan (Embedding)



Gambar 2 Diagram alir sistem embedding

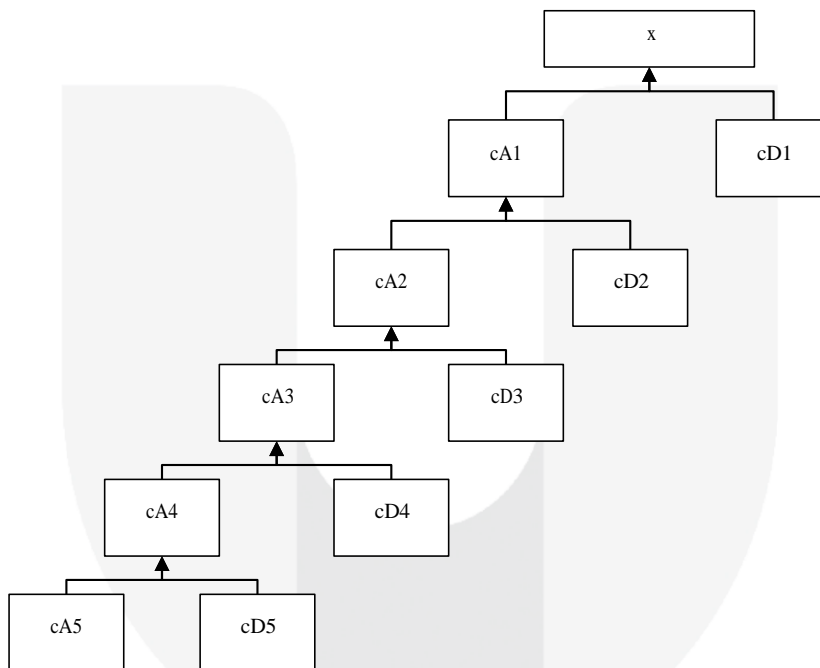
Proses tahap penyisipan dimulai dengan penginputan audio dalam format *.wav. Audio akan disisipi informasi dengan metode DWT, DCT dan QIM.

Proses pertama yang akan dilakukan adalah proses DWT. Sinyal audio akan terdeteksi dan dilakukan dekomposisi sinyal level 1. Hasil dari dekomposisi sinyal adalah frekuensi sinyal *high* dan frekuensi sinyal *low*.



Gambar 3 Dekomposisi DWT level 1. (gambar diambil dari mathworks)

Frekuensi sinyal *low* (*low pass*) dari dekomposisi sinyal level satu kemudian dilakukan dekomposisi lagi sampai *n* level. Pada penelitian ini jumlah level DWT yang dilakukan adalah lima level DWT.



Gambar 4 Dekomposisi DWT level 5

Length of cA5	Length of cD5	Length of cA4	Length of cD4	Length of cA3	Length of cD3	Length of cA2	Length of cD2	Length of cA1	Length of cD1	Length of x
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------

Gambar 5 Susunan Dekomposisi DWT level 5

Hasil dari proses dekomposisi DWT level 5 kemudian akan di-DCT. DCT melakukan transformasi deretan bilangan real ke bentuk spektrum realnya untuk mengatasi masalah redundansi. DCT hampir sama dengan *Discrete Fourier Transform* (DFT) yaitu mengubah domain waktu ke domain frekuensi.

$$X_{(k)} = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right), \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

Pada penelitian ini, koefisien hasil DWT-DCT akan dibagi menjadi beberapa *frame* yang sebelumnya akan dipilih dulu berapa jumlah *frame* yang akan digunakan. Kemudian, 64 koefisien pertama dari *frame-frame* tersebut akan disisipi informasi bit.

Informasi bit akan disisipi dengan menggunakan metode QIM. QIM adalah metode yang bertujuan untuk menyisipkan suatu sinyal ke suatu sinyal host lain yang bertujuan untuk membuat sinyal komposit lain yang dapat digunakan untuk aplikasi yang berbeda. Sinyal yang telah disisipi dengan QIM kemudian akan mengkuantisasi sinyal *host* dengan *quantizer*.

$$\hat{x}_k = \begin{cases} \lfloor \frac{x_k}{\Delta} + 0.5 \rfloor \Delta, & \text{if } x_k \geq 0 \\ \lceil \frac{x_k}{\Delta} - 0.5 \rceil \Delta, & \text{if } x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

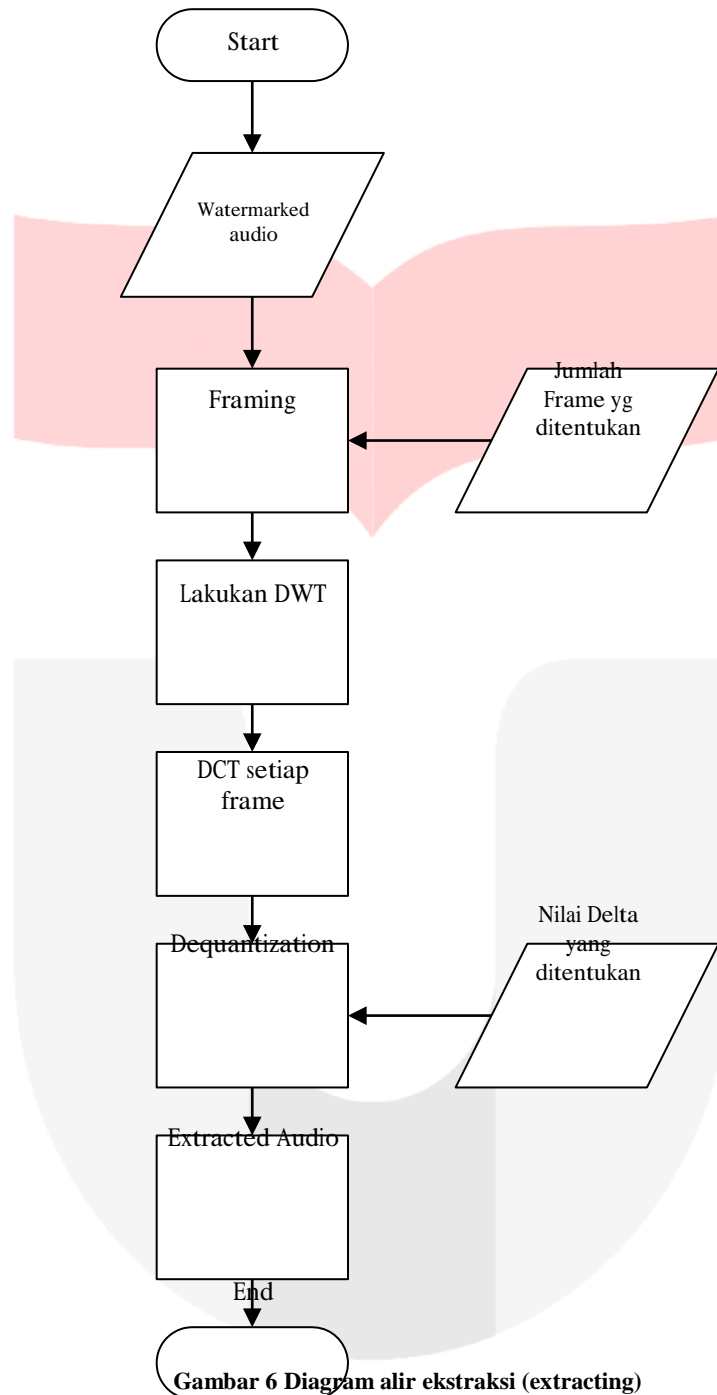
Dimana x_k adalah koefisien yang telah di DWT dan DCT sebelumnya, b_k adalah data bit random yang akan disisipi dan Δ adalah *step* kuantisasi. *Step* kuantisasi disini juga harus diperhitungkan. Karena jika *step* kuantisasi terlalu besar maka sinyal akan tahan terhadap serangan, namun akan mengurangi kualitas suara. Begitu juga sebaliknya, jika *step* kuantisasi terlalu kecil, maka kualitas sinyal akan sangat baik tapi akan sangat rentan terhadap serangan yang akan dilakukan.

Setelah QIM dilakukan maka akan didapat sinyal yang telah disisipi informasi bit. Kemudian akan dilakukan IDCT, mengembalikan domain frekuensi ke domain waktu.

$$x(n) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_{(k)} \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right), \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

Dan kemudian dilakukan IDWT. Setelah IDWT dilakukan, maka akan didapat *watermarked audio*.

2.2 Proses Ekstraksi (Extraction)



Gambar 6 Diagram alir ekstraksi (extracting)

Proses ekstraksi disini hampir sama dengan proses *embedding* sebelumnya. *Watermarked audio* yang telah didapat akan dilakukan proses DWT level 5. Hasil dari DWT kemudian akan dilakukan DCT untuk mengubah ke domain frekuensi. Hasil DCT kemudian akan dilakukan proses *dequantization* (dekuantisasi).

$$\tilde{Q}_k = \left\{ \begin{array}{l} \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} - \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} \right\rfloor - \frac{1}{2} \right\rfloor \cdot \Delta \\ \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} - \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} \right\rfloor + \frac{1}{2} \right\rfloor \cdot \Delta \end{array} \right. \quad \text{if } \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} - \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} \right\rfloor - \frac{1}{2} \right\rfloor < \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} - \left\lfloor \frac{Q_k}{\Delta} \right\rfloor + \frac{1}{2} \right\rfloor$$

(4)

Dimana α adalah koefisien hasil dari DWT-DCT yang sebelumnya dilakukan dan Δ adalah *step* kuantisasi yang sebelumnya dihitung pada proses *embedding*. Setelah dilakukan dekuantisasi, maka akan didapat hasil ekstraksi. Hasil ekstraksi kemudian dihitung dengan BER (*Bit Error rate*) dan parameter-parameter lainnya. Beberapa proses *attack* atau serangan juga akan dilakukan pada hasil ekstraksi.

3. Hasil dan Analisis

Bab ini akan membahas mengenai hasil pengujian teknik *watermark* yang sebelumnya sudah diimplementasikan. Implementasi dan pengujian sistem *watermark* dilakukan dengan menggunakan software MATLAB. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan file audio *.WAV. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai *frame* 64, 128, 256, 512 dan 1024, dengan nilai delta yang akan diuji adalah 0.01, 0.05 dan 0.1. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai delta dan jumlah *frame* yang paling baik untuk digunakan pada saat pengujian ketahanan sistem terhadap berbagai serangan. Nilai BER (*Bit Error Rate*) yang didapat harus 0 (nol) yang dimana artinya tidak ada informasi nilai bit yang salah. Setelah nilai BER didapat, pilih nilai delta dan jumlah *frame* dengan mempertimbangkan nilai SNR dan ODG.

Tabel 1 Hasil Pengujian Watermark

FILE	FRAME	DELTA	BER	SNR	ODG
AUDIO UJI	64	0.01	0	27.6938	-1.3492
		0.03	0	17.7235	-1.3952
		0.05	0	13.4425	-1.4374
	128	0.01	0	31.2264	-1.3433
		0.03	0	21.4301	-1.4012
		0.05	0	16.6448	-1.4633
	256	0.01	0	34.5735	-1.3534
		0.03	0	24.6838	-1.4563
		0.05	0	20.1786	-1.5458
	512	0.01	0	37.6054	-1.4749
		0.03	0	27.9028	-1.647
		0.05	0	23.1811	-1.7203
	1024	0.01	0	39.5873	-1.7724
		0.03	0	30.0986	-1.9669
		0.05	0	25.4146	-1.9446

Dapat dilihat dari tabel 1 hasil dari pengujian, nilai delta dan jumlah *frame* yang paling baik adalah 0.01 dan 1024 karena menghasilkan nilai SNR dan nilai ODG yang cukup baik. Nilai delta dan jumlah *frame* yang telah didapat kemudian akan digunakan untuk pengujian ketahanan sistem terhadap berbagai *attack* atau serangan yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.

4. Kesimpulan

Dilihat dari hasil pengujian *watermarking* pada audio, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai *frame* dan semakin kecil nilai delta, maka semakin baik nilai SNR dengan nilai ODG yang cukup. Dalam penelitian ini, hasil yang paling baik ditunjukkan oleh jumlah *frame* 1024 dan nilai delta 0.01, dengan nilai BER nol, SNR 39.5873 dB dan ODG -1.7724. Kemudian jumlah *frame* 1024 dan delta 0.01 akan digunakan untuk sistem *watermark* yang akan diuji dengan serangan yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka:

- [1] Hwai-Tsu Hu, Szu-Hong Chen & Ling-Yuan Hsu, "Incorporation of Perceptually Energy-Compensated QIM into DWT-DCT Based Blind Audio Watermarking", Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP), 2014.

- [2] Xiang-Yang Wang & Hong Zhao, "A Novel Synchronization Invariant Audio Watermarking Scheme Based on DWT and DCT", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 54, No. 12, 2006.
- [3] Ingemar Cox, Matthew Miller, Jeffrey Bloom, Jessica Fridrich, Ton Kalker, "Digital watermarking and steganography", Morgan Kaufmann; 2nd edition, 2007.
- [4] B. Chen, and G. W. Wornell, "Quantization index modulation: a class of provably good methods for digital watermarking and information embedding," IEEE Trans. Information Theory, vol. 47, no. 4, pp.1423-1443, 2001.
- [5] Osman Erman Okman, "Quantization Index Modulation Based Watermarking Using Digital Holography", Journal of The Optical Society of America A vol.24, Issue 1, PP. 243-252, 2007.
- [6] Li Tan & Jean Jiang, "Digital Signal Processing Fundamentals and Applications", Academic Press; 2nd edition, 2013.
- [7] http://mil.ufl.edu/nechyba/www/eel6562/course_materials/t5.wavelets/intro_dwt.pdf (diakses pada tanggal 23 Desember)
- [8] Steinbach, Peticolas, Raynal, Dittman, Fontaine, Seibel, Fates, Croce-Ferri; "StirMark Benchmark: Audio Watermarking". In: Int. Confrence on Information Technology: Coding and Computing (ITCC 2001), April 2-4, Las Vegas, Nevada, S. 49-54, ISBN 0-7695-1062-0, 2001.
- [9] Syed Ali Khayam, "The Discrete Cosine Transform (DCT): Theory and Application", ECE 802 – 602: Information Theory and Coding, 2003.
- [10] Petrovic R et al, "Data Hiding Within Audio Signals", Series: Electronics and Energetics Vol. 12, No.2, 103-122, 1999.
- [11] Marina Bosi, and Richard E. Goldberg, "Introduction to Digital Audio Coding and Standards", The Springer International Series in Engineering and Computer Science (Book 721), Springer; 2003 edition, 2002.
- [12] Stefan Katzenbeisser, A.P. Petitcolas, and Fabien, "Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking," Artech House Computer Security Series, Artech House Print on Demand, 1999.
- [13] R. F. Olanrewaju, and Othman Khalifa, "Digital Audio Watermarking; Techniques and Applications," International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 2012), Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.