

**ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING DENGAN
MENGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET
TRANSFORM (DWT)**

Skripsi



oleh

IMADE HIMAWAN RAHARJA
22094794

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2013

**ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING DENGAN
MENGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET
TRANSFORM (DWT)**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

IMADE HIMAWAN RAHARJA
22094794

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2013

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING DENGAN MENGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT)

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 25 Juli 2013



I MADE HIMAWAN RAHARJA
22094794

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING
DENGAN MENGGUNAKAN METODE DISCRETE
WAVELET TRANSFORM (DWT)
Nama Mahasiswa : I MADE HIMAWAN RAHARJA
NIM : 22094794
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Genap
Tahun Akademik : 2012/2013



Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 19 Agustus 2013

Dosen Pembimbing I

Jarius Karel, M.T.

Dosen Pembimbing II

Lukas Chrisantyo, M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING DENGAN MENGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT)

Oleh: I MADE HIMAWAN RAHARJA / 22094794


Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 13 Agustus 2013

Yogyakarta, 19 Agustus 2013
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

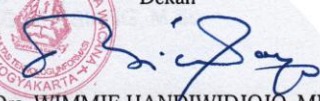
1. Junius Karel, M.T.
2. Lukas Chrisantyo, M.Eng.
3. Budi Susanto, SKom.,M.T.
4. Joko Purwadi, M.Kom


DUTA WACANA





Dekan


(Drs. WIMMIE HANDIWIDJOJO, MIT.)

Ketua Program Studi


(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan anugerahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Digital Audio Watermarking Dengan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Bapak **Junius Karel, S.si., M.T.**, selaku dosen pembimbing 1, yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran dalam penulisan laporan dan pembuatan program Tugas Akhir ini.
2. Bapak **Lukas Chrisantyo Adhyatmoko Arinugroho, M.Eng.**, selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran dalam penulisan laporan dan pembuatan program Tugas Akhir ini.
3. Bapak I Wayan Wetra, Ibu I Gusti Ayu Komang Alit serta kakak-kakak Ita Handayani, N. Shinta Kumala Dewi dan Komang Didik Mahendra untuk limpahan kasih sayang, kesabaran, doa, serta semangat dan dukungan yang luar biasa yang selalu menjadi motivasi dan semangat penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Terima Kasih untuk selalu berada di sisi penulis dalam kondisi apapun.
4. Teman teman terbaikku D'Jenakers : Budianto Tan, Guna Satwam, Ewald Liadi, Abednego Kristio, Richard Stephensen, Jevon Papilaja, Harry Sandrie, Timothy Banu, Christian Puji, Yosua Yulianto, Penta Eva, Aan Ambara, Sulapto, Macarius Henry, Bryan Steven, dkk. Yang selalu ada untuk berbagi cerita selama perjuangan kuliah dan selamanya.
5. Seluruh teman teman TI UKDW angkatan 2009 yang telah memberikan semangat dan berjuang bersama memberikan bantuan berupa semangat dan bantuan langsung kepada Tugas Akhir ini.
6. Keluarga KMHD UKDW yang telah memberikan support dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman teman kontrakan yang selalu mendukung dan memberikan inspirasi pada saya : widnyana santika, ayung wiasta guna.

8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung telah mendukung pembuatan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 15 Juli 2013

Penulis

I Made Himawan Raharja

©UKDW

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.1.1 File Audio WAVE	7
2.1.2 Watermarking.....	10
2.1.3 Discrete Wavelet Transform	13
2.1.4 Filter HAAR.....	16
2.1.5 Metode Embedding dan Ekstraksi	26
2.1.6 Performance Parameter	28
BAB III	30
PERANCANGAN SISTEM	30
3.1 Gambaran Umum Sistem.....	30
3.2 Analisis Kebutuhan.....	31
3.2.1 Analisis Data.....	31

3.2.2	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	31
3.2.3	Analisis Kebutuhan Perangkat Keras.....	31
3.3.	Rancangan Sistem.....	31
3.3.1	Blok Diagram Sistem.....	32
3.3.2	Flowchart.....	34
3.4	Desain Antarmuka Program.....	43
BAB IV	.....	46
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	.....	46
4.1	Implementasi Sistem.....	46
4.1.1.	Implementasi Rancangan Antarmuka Bagian Embedding Watermark.....	46
4.1.2.	Implementasi Rancangan Antarmuka Bagian Ekstraksi Watermark.....	47
4.1.3.	Implementasi Rancangan Antarmuka Bagian Detail Embedding.....	48
4.1.4.	Implementasi Rancangan Antarmuka Bagian Detail Ekstraksi.....	49
4.1.5.	Implementasi Rancangan Antarmuka Bagian Analisis Watermark.....	49
4.2.	Analisis Sistem.....	49
4.2.1.	Proses Akuisisi Data Masukan.....	50
4.2.2.	Analisis Hasil Watermarking.....	51
BAB V	.....	62
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	.....	63

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	KETERANGAN	HALAMAN
Gambar 2.1	Struktur/Bagan File Audio .wav	9
Gambar 2.2	Ilustrasi File Audio dalam bentuk hexadecimal	10
Gambar 2.3	Gambaran Umum Proses DWT	14
Gambar 2.4	Proses Filtering dan Downsampling	14
Gambar 2.5	Dekomposisi Multilevel Haar	15
Gambar 2.6	Gambaran Umum Proses Watermarking DHWT	16
Gambar 2.7	Pseudocode Dekomposisi, Discrete Wavelet Transform	25
Gambar 2.8	Pseudocode Metode Inverse Discrete Wavelet Transform	26
Gambar 2.9	Pseudocode Kode Proses Embedding Watermark	27
Gambar 2.10	Pseudocode Kode Proses Ekstraksi Watermark	27
Gambar 3.1	Blok Diagram Penyisipan Watermark	32
Gambar 3.2	Blok Diagram Ekstrak Watermark	33
Gambar 3.3	Flowchart Proses membuka <i>file</i> wav	34
Gambar 3.4	Flowchart Ekstraksi sample data pada <i>file</i> .wav	35
Gambar 3.5	Flowchart Proses dekomposisi	36
Gambar 3.6	Flowchart konversi teks menjadi watermark bits	37

Gambar 3.7	Flowchart penyisipan watermark bits	38
Gambar 3.8	Flowchart rekonstruksi channel kiri	40
Gambar 3.9	Flowchart ekstraksi watermark	42
Gambar 3.10	Rancangan Tampilan Form Utama	43
Gambar 3.11	Rancangan Tampilan Form Detail Embedding	44
Gambar 3.12	Rancangan Tampilan Form Detail Embedding	44
Gambar 3.13	Rancangan Tampilan Form Detail Analisis	45
Gambar 4.1	Implementasi Rancangan Antar Muka Embedding Watermark	46
Gambar 4.2	Implementasi Rancangan Antar Muka Ekstraksi Watermark	47
Gambar 4.3	Implementasi Rancangan Antar Muka Detail Embedding Watermark	48
Gambar 4.4	Implementasi Rancangan Antar Muka Detail Ekstraksi Watermark	49
Gambar 4.5	Implementasi Rancangan Antar Muka Hasil Analisis Watermark	49

DAFTAR TABEL

TABEL	KETERANGAN	HALAMAN
Tabel 2.1	Deskripsi File Audio .wav	7
Tabel 4.1	Karakteristik Setiap Bagian Data Masukan	50
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Speech1.wav	51
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Speech2.wav	52
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Classic1.wav	53
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Classic2.wav	54
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Rock1.wav	54
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Rock2.wav	55
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Jazz1.wav	56
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Jazz2.wav	57
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Country1.wav	57
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Panjang String Input Terhadap SNR Pada File Country2.wav	58
Tabel 4.12	Hasil Analisa Detail Embeding	60
Tabel 4.13	Hasil Analisa Detail Ekstraksi	60

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	KETERANGAN	HALAMAN
Lampiran A	Lampiran Hasil Analisis	A-1
Lampiran B	Lampiran Source Code	B-1

©UKDW

INTISARI

Analisis Digital Audio Watermarking dengan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT)

Saat ini maraknya pengcopian dan pendistribusian file audio digital secara ilegal terjadi karena dukungan adanya peningkatan performa komputer, murahnya harga media penyimpanan seperti *harddisk* dan *flashdisk*, koneksi *internet* yang juga semakin cepat, serta banyaknya *software* rekaman dan editing audio. Selama praktek penggandaan tersebut masih terus dilakukan dan belum ada solusi untuk menanganinya, tentu saja pemegang hak cipta atas produk audio tersebut akan dirugikan karena *royalty* yang didapat atas penjualan file tersebut berkurang karena usaha penggandaan tersebut. Untuk itu dikembangkanlah sebuah metode untuk melakukan penandaan pada file audio yang disebut watermarking. Namun banyak jenis watermarking baik dari segi watermark dan ketahanan serta kualitas.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian kali ini dilakukan uji coba dan analisis watermark pada file audio dengan menyisipkan pesan teks dengan metode Discrete Wavelet Transform sebagai dasar lalu digunakan metode penggantian mean serta segmentasi untuk menyisipkan watermark. Setelah itu hasil dari watermarking ini di uji dan mendapatkan hasil yang cukup memuaskan dimana keberhasilan dari metode yang diuji adalah 100% atau lossless watermarking. Kualitas suara dari file audio yang disisipi tidak menurun jauh karena nilai SNR yang tinggi diatas 50 dB.

Kata Kunci : Audio Watermarking, Discrete Wavelet Transform, Segmentasi, WAVE file audio format.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini maraknya pendistribusian file audio digital secara ilegal terjadi dimana file tersebut terdistribusi tanpa mengetahui pemilik file. Salah satunya terjadi karena dukungan adanya peningkatan performa komputer, murahnya harga media penyimpanan seperti *harddisk* dan *flashdisk*, koneksi *internet* yang juga semakin cepat, serta banyaknya *software* rekaman dan editing audio.. Hal tersebut kini menjadi perhatian para pengusaha bisnis musik dimana mereka membutuhkan sebuah solusi yang dapat menangani permasalahan ini. Solusi dari permasalahan ini sangat mendesak dalam industri musik dimana mereka mencari solusi yang dapat diandalkan untuk perlindungan file-file musik.

Untuk itu dibutuhkan sebuah teknik yang dapat memberikan informasi tentang pemilik file serta dapat dilihat setiap saat secara cepat, akurat, dan namun tidak terlihat oleh pihak lain, dengan kata lain informasi ini tersembunyi dengan baik dan tidak terdeteksi. Teknik proteksi data seperti enkripsi kurang cocok untuk melindungi properti industri musik ini, namun di sisi lain teknologi watermarking sekarang menarik perhatian sebagai metode baru untuk perlindungan terhadap *ownership assertion*. *Watermarking* menitikberatkan pada penempatan *watermark* pada file media tanpa merusak atau mengurangi kualitas dari file tersebut. Informasi yang dimasukkan berupa *digital signature* berupa teks mengenai info dari pemilik yang sah atas produk multimedia tersebut. Akan tetapi perlu digaris bawahi bahwa pengaruh kualitas suara yang diakibatkan oleh watermarking adalah hal utama yang menjadi perhatian karena jika kualitas suara menurun maka baik dari pengguna dan pemilik file tidak akan menggunakan metode ini, maka hal terpenting dari metode ini adalah kualitas sura file tersisipi dan invisibilitas dari watermark.

Pendekatan terbaik untuk watermarking pada file audio saat ini adalah dengan memanfaatkan pendengaran manusia yang kurang peka terhadap

perubahan amplitudo pada sebuah gelombang suara, baik itu pada domain waktu maupun domain frekuensi dimana watermark tidak akan terdeteksi atau *invisible*.

Pada skripsi ini, penulis memilih melakukan watermarking terhadap file audio dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* yang nantinya dapat di *embed* dan di *ekstrak* kembalidari file audio .

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menyisipkan *digital signature* ke dalam file audio sebagai tanda kepemilikan hak paten atas file tersebut ?
2. Bagaimana cara meng-*ekstrakdigital signature* dari dalam file audio yang ber-*watermark*?
3. Bagaimana hasil analisis perbandingan kualitas suara file audio sebelum dan sesudah proses *watermarking*?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) File audio digital yang akan disisipi berjenis wave (.wav) dengan durasi kurang1 menit atau sekitar 10 Mb.
- 2) Digital signature yang disisipi adalah data yang berformat text dengan panjang 50 karakter.
- 3) Metode penyisipan yang digunakan adalah *Discrete Wavelet Transform*.

1.4 Tujuan Penelitian

Merancang dan membuat sebuah perangkat lunak yang mampu menyisipkan label hak cipta berupa *digital signature* dan mengkstraksi *digital*

signature yang bersifat *invisible* dari file audio dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform*.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan :

1. Melakukan studi kepustakaan melalui membaca buku, jurnal, *e-book*, maupun artikel mengenai watermarking pada file audio dan metode DWT serta prosesnya yang dapat mendukung penulisan tugas akhir.
2. Melakukan analisis terhadap masalah yang ada, batasan yang dimiliki, dan kebutuhan yang diperlukan.
3. Metode yang digunakan adalah pendekatan *watermarking* pada domain *time-frequency* dengan metode *Discrete Wavelet Transform* dan sebagai teknik dekomposisi adalah filter Haar.
4. Melakukan serangkaian uji coba terhadap program yang telah dibangun dan melakukan analisis terhadap program yang dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini secara garis besar dapat dituliskan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan, diuraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Landasan Teori, akan berisi landasan yang digunakan ataupun yang berkaitan dengan skripsi.

Bab 3 Perancangan Sistem, akan dibahas mengenai algoritma yang digambarkan untuk menggambarkan alur kerja sistem beserta perancangan antar muka sistem.

Bab 4 Implementasi dan Analisis Sistem, berisi implementasi program berupa *interface/tampilan* program. Disertakan input dan output program, penjelasan, pengujian, dan analisa dari system kerja program.

Bab 5 Kesimpulan Dan Saran, berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran-saran yang mungkin untuk pengembangan lebih lanjut.

©UKDW

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap sistem mengacu pada hasil pengamatan yang telah dilakukan pada proses uji coba, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendekatan *Metode Discrete Wavelet Transform* dan *Metode Penyisipan Penggantian Mean dan Segmentasi* dapat diterapkan kedalam sistem ini sebagai metode embedding dan ekstraksi dalam proses *watermarking* dengan panjang kurang atau sama dengan 50 karakter dan nilai variable k yang tepat memiliki presentase keberhasilan sebesar 100% atau dapat dikatakan metode ini adalah metode *lossless watermarking*.
2. Hasil *watermarking* dipengaruhi panjang karakter yang disisipkan dan nilai variable k, namun karena panjang karakter yang disisipkan terlalu sedikit untuk dapat menciptakan gangguan seperti noise dan distorsi yaitu sebanyak kurang dari 50 karakter atau 400 bits. Sedangkan variable k memiliki peranan dalam menentukan kualitas watermark, dikarenakan semakin besar nilai k maka kemungkinan terjadi kesalahan deteksi pada karakter watermark akan semakin kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disarankan beberapa hal yaitu :

1. Perlu dicoba penggunaan metode ini selain pada file .wav dapat pula pada file .mp3 dan file-file audio lain.
2. Perlu dicoba untuk watermark yang disisipkan dapat diganti dengan gambar binary atau grayscale.
3. Perlu dilakukan ujicoba untuk mengganti metode Discrete Wavelet Transform dengan metode yang lain dalam proses dekomposisi dan rekonstruksi file audio.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Al-Haj, dan Ahmad Mohammad, European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.39 No.1 (2010), pp.6-21.[<http://www.ijcee.org/papers/385-JE450.pdf>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]
- Biermann, Christopher J. (1996). Handbook of Pulping and Papermaking (2 ed.). San Diego, California, USA: Academic Press. p. 171. ISBN 0-12-097362-6.
- Boulaem Bouhash, Time-Frequency Signal Analysis and Processing ISBN:-0-08-044335-4
- CHIH-YANG LIN, YU-TAI CHING, A Robust Image Hiding Method Using Wavelet Technique.[<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.103.864&rep=rep1&type=pdf>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]
- D.K.Sharma, A. Mishra & Rajiv Saxena, TECHNIA International Journal of Computing Science and Communication Technologies, VOL. 3, NO. 1, July 2010. ISSN 0974-3375.[<http://www.techniajournal.com/attachments/article/128/ANALOG%20%26%20DIGITAL%20MODULATION.pdf>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]
- George Tzanetakis, Georg Essl, Perry Cook, Audio Analysis using the Discrete Wavelet Transform.[<http://www.cs.princeton.edu/~gtzan>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]
- Gilbert Strang and Truong Nguyen, *Wavelets and Filter Banks*, Wellesley-Cambridge Press, Wellesley MA, 1996. [MULCAHY]
- Mahdi Mosleh, Saeed Setayeshi, and Mohammad Mosleh, International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 3, No. 4, August 2011.[<http://www.ijcee.org/papers/385-JE450.pdf>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]

- Ming-Shing Hsieh, D.-C. Tseng, and Y.-H. Huang, "Hidden Digital Watermarks Using Multiresolution Wavelet Transform," IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol.48, no. 5, pp.875-882, Oct. 2001. (SCI, EI)
- Polikar R. 2001. The Story of Wavelets Iowa State University pages 5481-5486. 329 Durham Computation Center, Ames. IA 50011
- Patrick J. Van Fleet, *Discrete Wavelet Transformations: An Elementary Approach with Applications*. 2008. ISBN: 9780470183113. Publisher: Wiley
- Rajkiran Ravula, 2010, Audio Watermarking Using Transformation Techniques, Bachelor of Engineering in Electrical and Electronics Engineering, Osmania University, Hyderabad, India [<http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-10182010-105045/unrestricted/Ravulathesis.pdf>, diakses pada tanggal 1 Juli 2013]
- W. Selesnick. Narrowband lowpass digital differentiator design. In Conf. Rec. Thirty-Sixth Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, vol. 1, pages 360-364, CA, November 3-6, 2002

© UTK