

# IMPLEMENTASI AUDIO WATERMARKING MENGGUNAKAN KOMBINASI SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT) DAN SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD) IMPLEMENTATION OF AUDIO WATERMARKING USING COMBINATION SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT) AND SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (S

Hari Susanto<sup>1</sup>, Adiwijawa<sup>2</sup>, Fazmah Arif Yulianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

---

## Abstrak

Dengan semakin berkembangnya teknologi digital saat ini setiap aspek kehidupan telah tersentuh oleh teknologi tersebut. Dalam dunia hiburan masalah pembajakan hak cipta menjadi perhatian utama saat ini, image, sound dan video hasil karya seseorang dapat dengan mudah dibajak. Kerugian akibat lisensi yang tidak dibayar sangat besar. Dalam dunia digital, saat ini ilmuwan dan ahli komputer terus berusaha untuk mengembangkan teknologi perlindungan hak cipta diantaranya adalah dengan teknik digital watermarking. Dalam tugas akhir ini diimplementasikan teknik audio watermarking pada file audio digital berformat \*.wav dengan menggunakan transformasi STFT (Short Time Fourier Transform) dan SVD (Singular Value Decomposition) dan file yang akan dijadikan sebagai watermark adalah file teks atau file image. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem audio watermarking menggunakan kombinasi STFT dan SVD diperoleh hasil bahwa audio terwatermark mempunyai kualitas menyerupai file audio aslinya bila nilai SNR yang dihasilkan diatas 32.47 dB dan kualitas audio watermark tergantung nilai koefisien pengali (faktor skala) dan panjang watermark. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien pengali 0,001 menghasilkan kualitas audio terwatermark yang mendekati aslinya. Sedangkan berdasarkan pengujian ketahanan watermark terhadap pengolahan sinyal didapatkan bahwa dalam sistem audio watermarking menggunakan STFT dan SVD relative tahan terhadap down sampling dan kompresi.

**Kata Kunci :** audio watermarking, short time fourier transform, singular value decomposition

---

## Abstract

As the expansion of digital technology, all aspects in our life has been touched by technology. In the world of entertainmet, the problem of copyright piracy in which image, sound, and video can be easily pirated becomes the main focus in the recent years. The loss which is due to the unpaid licency is extremely big. Therefore, in the world of digital, the scientists and computer experts develop technology to protect the copyright namely watermarking digital technique. Audio watermarking a technique to embed digital data (in this case text or image) into digital audio file (WAV extension) was implemented on this Final Project using STFT (Short Time Fourier Transform) dan SVD (Singular Value Decomposition). The results of testing using combination STFT and SVD based audio watermarking system, show that watermarked audio have almost equal quality compared to original audio file if SNR resulted is above 32.47 dB and watermarked audio quality depend on multiplier coefficient (scale factor) and the watermark length. The result of testing show that on multiplier coefficient 0,001 quality of audio file close to it's original. Meanwhile the result of watermark robustness test against digital signal processing show that on STFT and SVD based audio watermarking system is relative robust to down sampling and compression.

**Keywords :** audio watermarking, short time fourier transform, singular value decomposition

---

# 1. Pendahuluan

## 1.1 Latar Belakang

Sakarang ini hampir sebagian orang mengenal komputer karena kemampuannya untuk dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Kemudahan yang ditawarkan oleh teknologi komputer semakin mendorong perkembangan teknologi-teknologi lain yang ada seperti teknologi komputer digital. Dengan perkembangan komputer digital dan perangkat-perangkat lainnya yang serba digital, telah membuat data digital banyak digunakan dan didistribusikan. Data digital (seperti audio, citra, video dan teks) banyak digunakan dan didistribusikan karena beberapa faktor, antara lain: [16]

1. Data digital mudah diduplikasi (*dicopy*) dengan kualitas hasil relatif mendekati aslinya.
2. Proses penduplikasian dan penyimpanan data digital relatif murah.
3. Data digital mudah disimpan untuk kemudian diolah atau diproses lebih lanjut dan mudah
4. Data digital relatif mudah didistribusikan baik dengan media disk maupun melalui jaringan seperti Internet.

Ditunjang dengan perkembangan teknologi Internet yang dapat menyajikan dan mempersatukan berbagai jenis data digital, data digital tersebut semakin banyak digunakan untuk membentuk suatu sistem multimedia. Dengan adanya internet sebagai sistem jaringan terluas di dunia yang menghubungkan hampir seluruh komputer dunia, membuat proses pertukaran data menjadi sangat mudah, hal ini menjadikan isi data yang ditransaksikan tidak dapat dimonitor seluruhnya. Hal ini juga menimbulkan ancaman serius dalam dunia hiburan dimana tindak kejahatan seperti pembajakan menjadi lebih mudah untuk dilakukan. Dalam dunia hiburan masalah pembajakan hak cipta menjadi perhatian utama saat ini, data digital hasil karya seseorang dapat dengan mudah dibajak.

Seiring dengan semakin mudahnya melakukan pertukaran data digital dan meningkatnya ancaman pembajakan hak cipta, ilmuwan dan ahli komputer saat ini terus berusaha untuk mengembangkan teknologi perlindungan hak cipta. Dengan berkembangnya proses pengolahan sinyal digital, hal tadi bisa diimplementasikan dengan suatu teknik penyembunyian data (*data hiding*) yaitu *watermarking*. Teknik *watermarking* ini akan menyembunyikan suatu tanda *copyright* akan suatu data digital dengan cara menumpangkan sebuah data ke dalam suatu data digital yang diinginkan. Dimana data yang ditumpangkan bisa berisi nama pemilik, atau data lain yang diinginkan.

Dalam tugas akhir ini dilakukan implementasi cara untuk menambahkan suatu *watermark* berupa teks atau *image* pada file audio digital menggunakan STFT (Short Time Fourier Transform) dipadukan SVD (*Singular Value Decomposition*). STFT ini akan digunakan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Sehingga dengan menggunakan penggabungan kedua metode ini diharapkan file audio yang disisipkan lebih tahan terhadap berbagai macam gangguan seperti *down sampling* dan kompresi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, dirancang dan diimplementasikan sistem audio *watermarking* menggunakan kombinasi STFT dan SVD yang bekerja di lingkungan komputer. Sebagai kerangka penelitian dapat disusun beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mentransformasi file audio dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan STFT.
2. Bagaimana cara menyisipkan *watermark* ke dalam data asli (*audio*) dengan menggunakan STFT dan SVD.
3. Bagaimana kualitas audio yang dihasilkan setelah disisipkan informasi (*copyright*) berupa file text (\*.txt) atau file *image* (\*.jpg).
4. Bagaimana proses penyisipan *watermark* ini harus memiliki ketahanan terhadap pemrosesan sinyal secara digital yang terjadi pada audio hasil *watermarking* dengan *down sampling* dan kompresi.

Agar pengerjaan tugas akhir ini tidak melenceng dari tujuan yang ingin dicapai, masalah dalam pembuatan tugas akhir ini dibatasi pada :

1. Sinyal audio yang digunakan sebagai file asli (*host file*) adalah file berformat \*.wav, stereo, dengan frekuensi *sampling* 16000 Hz dan bit *sample* 16 bit.
2. File *watermark* yang digunakan berupa file teks dengan format \*.txt atau file *image* dengan format \*.jpg.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun sistem audio *watermarking* dengan menggunakan kombinasi STFT dan SVD.
2. Menganalisis kualitas dari file audio setelah dilakukan proses penyisipan *watermark* dengan pendekatan *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Opinion score* (MOS).
3. Menganalisis ketahanan data *file watermark* terhadap *attacking* yaitu kompresi MP3, dan *down sampling*, yang dapat diukur dengan perhitungan validitas ekstraksi.

## 1.4 Metode Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan pembuatan tugas akhir ini, dilakukan beberapa langkah kerja sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah, yaitu dengan mencari kemungkinan masalah yang akan dihadapi. Dalam hal ini termasuk pengidentifikasian dan batasan masalah.
2. Studi Pustaka
  - § Dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari referensi yang berhubungan dan mendukung implementasi audio *watermarking* dengan menggunakan STFT dan SVD.
  - § Mempelajari konsep metode audio *watermarking* dengan menggunakan STFT dipadukan dengan SVD.
  - § Melakukan analisis terhadap cara kerja audio *watermarking* dengan menggunakan kombinasi STFT dan SVD.

3. Implementasi sistem  
Tahap pembuatan perangkat lunak audio *watermarking* dengan menggunakan kombinasi STFT dan SVD.
4. Pengujian sistem  
Pengujian dilakukan secara obyektif untuk menguji aspek *Robustness* dilakukan dengan proses *down sampling*, dan *compression* pada audio hasil *watermark* sebagai representasi proses *watermarking attack* yang bisa dilakukan. Sedangkan pengujian secara subyektif untuk menguji aspek *Unobtrusiveness* dilakukan dengan menganalisa respon pendapat yang diberikan oleh 50 responden terhadap hasil audio *watermark*.
5. Analisis sistem  
Menganalisa implementasi sistem dan tahap pengujian sistem serta melihat trade off yang terjadi, meliputi sisi *robustness*, *invisibility* dan *bit rate*. Kesimpulan tugas akhir akan dibuat berdasarkan analisa sistem dan pengujian.



## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Dari uji kinerja dan analisis yang telah dilakukan pada bab IV terhadap implementasi audio *watermarking* menggunakan STFT dan SVD dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Transformasi STFT dan dekomposisi SVD dapat digunakan sebagai metode untuk melakukan penyisipan *watermark* berupa file teks dan image ke dalam *host file* yang berupa file audio \*.wav, stereo, dengan bit sample 16 bit, dan frekuensi *sampling* 16000 Hz.
2. Kualitas sinyal audio (MSE dan SNR) dipengaruhi oleh panjang data *watermark* dan koefisien pengali, semakin panjang data *watermark* yang disisipkan maka MSE akan semakin naik dan juga MSE akan semakin naik jika koefisien pengali semakin besar. Sedangkan untuk SNR adalah kebalikan dari MSE. Semakin bagus kualitas audio hasil *watermarking* maka terpenuhi lah *unobtrusiveness*.
3. Berdasarkan analisis hasil pengujian kualitas secara obyektif dan survei MOS, kualitas audio ter*watermark* mempunyai kualitas mendekati file audio aslinya (Excellent) bila nilai SNR yang dihasilkan lebih besar dari atau sama dengan 32.47 dB. Nilai SNR lebih besar dari atau sama dengan 32.47 dB didapatkan dari *watermark* dengan nilai koefisien pengali 0,01, untuk panjang data *watermark* 30, 50, 100, 200, 500, 1000, dan 2 buah file image yang mempunyai panjang karakter 2880 bytes dan 5160 bytes.
4. Ketahanan data *watermark* terhadap pengolahan sinyal berupa kompresi MP3 dan *down sampling* dipengaruhi oleh besarnya ukuran file *watermark* yang disisipkan. Semakin besar ukuran file *watermark* yang disisipkan, maka semakin tidak tahan (robust) terhadap kompresi dan *down sampling*.
5. Semakin invisible data *watermark* yang ingin disisipkan, dalam hal ini menggunakan koefisien pengali yang kecil, maka ketahanan data *watermark*nya semakin rendah dan kualitas audio bagus, dan sebaliknya. Sehingga harus memilih nilai-nilai dari parameter tersebut agar memberikan hasil yang sesuai dengan kita inginkan.

### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dalam pengimplementasian *watermark* menggunakan file image sangat diperlukan untuk meningkatkan robustness *watermark*. Selain itu pengimplementasian *watermark* bisa menggunakan data digital lain seperti image berwarna kompleks atau suara yang secara teoritis mempunyai toleransi lebih tinggi terhadap perubahan akibat proses pengolahan sinyal pada beberapa bit dalam file image berwarna kompleks atau suara sehingga dapat memberikan persepsi yang sama dengan file asli yang disisipkan oleh penglihatan maupun pendengaran.

Untuk pengembangan ke depan, perlu dikaji lagi lebih dalam metode-metode robust *watermarking* yang mampu tahan terhadap pemrosesan sinyal, terutama pada kompresi-dekompresi dan *resampling*.

## Daftar Pustaka

- [1] Abdi, Herve. 2007. *Singular Value Decomposition (SVD) and Generalized Singular Value Decomposition (GSVD)*. Encyclopedia of Measurement and Statistics.
- [2] Aisyah, Siti. "Implementasi Audio Watermarking Menggunakan Fast Fourier Transform (FFT)", Bandung: Tugas Akhir. Jurusan Teknik Informatika. STT Telkom. 2004.
- [3] "Audio Format". URL : [www.topeesoft.com/audio\\_format.pdf](http://www.topeesoft.com/audio_format.pdf)
- [4] Armstrong, Tony, and Yetsko, Kenneth, Research Paper, "Steganography". URL: <http://cse.spsu.edu/jwang/research/security/steganography.pdf>
- [5] Arnold, Michael, "Audio Watermarking, Features, Applications, and Algorithms". URL: [www.igd.fraunhofer.de/igd-a8/syscop/Publications/Arnold00a.pdf](http://www.igd.fraunhofer.de/igd-a8/syscop/Publications/Arnold00a.pdf)
- [6] B. Schneiner. 1994, *Applied Cryptography: Protocols, Algorithm, and Source Code in C*. New York: Wiley.
- [7] Budianto, M Farid. "Implementasi Teknik Adaptive Digital Image Watermarking", Bandung : Jurusan Teknik Informatika STT Telkom. 1999.
- [8] CTEC1631 Course Notes, "WAV File Format" URL: <http://www.technology.niagarac.on.ca/courses/ctec1631/WavFileFormat.html>
- [9] Cvejic, Nedeljko.(2004). "Algorithms for Audio Watermarking and Steganography". ISBN9514273842. URL : [hercules.oulu.fi/isbn9514273842/isbn9514273842.pdf](http://hercules.oulu.fi/isbn9514273842/isbn9514273842.pdf)
- [10] Emmanuel C. Ifeakor, Barrie W Jervis. 1995, *Digital Signal Processing : A Practitioner Approach*. New York: Addison-Wesley.
- [11] FY, Duan and King, I, "A Short Summary of Digital Watermarking Technique for Multimedia Data". URL : [www.cse.cuhk.edu.hk/~king/PUB/hkicc991.pdf](http://www.cse.cuhk.edu.hk/~king/PUB/hkicc991.pdf)
- [12] Hamza Ozer, Bulent Sankur, Nasir Memon. 2003. "An SVD-Based Audio Watermarking Technique". Journal.
- [13] J.D. Gordy & L.T. Bruton. "Performance Evaluation of Digital Audio Watermarking Algorithms".
- [14] Morgan, Steven, "Implementing and testing various digital watermarking technique on audio data", URL: [www.cs.bath.ac.uk/~amb/CM30076/projects.bho/2003-4/StevenMorganDissertation.pdf](http://www.cs.bath.ac.uk/~amb/CM30076/projects.bho/2003-4/StevenMorganDissertation.pdf)
- [15] P Mohanty, Saraju, "Watermarking : A Tutorial Review". URL : <http://www.cs.unt.edu/~smohanty/research/Reports/MohantyWatermarkingSurvey1999.pdf>
- [16] Suhono H. Supangkat and Kuspriyanto, Juanda."Watermarking sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta pada data Digital". URL : <http://digitally1.paume.itb.ac.id/MITE/Paper%206%203%202000%203.pdf>
- [17] Wah, Chan Pik, Term Paper, "Digital Video Technique for Secure Multimedia Creation and Delivery". URL : <http://appsrv.cse.cuhk.edu.hk/~pwchan/mphil/sem2.pdf>
- [18] Walpole, R.E. dan Myers, R.H., 2002, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, 5 editon, Penerbit ITB
- [19] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, A. Lu. "Techniques for data hiding". IBM System Journal Vol. 35. 1996.