

# Perancangan Teknik LWT-DCT-SVD Pada Audio Watermarking Stereo Dengan Sinkronisasi Dan Compressive Sampling

Elsa Nur Fitri Astuti<sup>1</sup>, Gelar Budiman<sup>2</sup>, Ledy Novamizanti<sup>3</sup>

Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jalan Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257  
elsanurfitriastuti10@gmail.com

## Abstrak

Digital watermarking adalah salah satu solusi untuk melindungi hak cipta data digital dari Distribusi Illegal, pelanggaran hak cipta dan Sharing elligitimate. Audio watermarking adalah salah satu implementasi dari digital watermarking. Umumnya, audio watermarking digunakan untuk menanamkan identitas (Watermark) dari pemilik atau pencipta audio. Metode yang digunakan dalam makalah ini adalah Lifting Wavelet Transform (LWT), Discrete Cosine Transform (DCT) dan Singular Value Decomposition (SVD). Pertama, audio host didekomposisi oleh LWT untuk memilih subband frekuensi, keluaran dari LWT akan ditransform oleh DCT, dimana akan dilakukan perubahan domain, dari domain waktu ke domain frekuensi. Selanjutnya, sinyal keluaran yang berbentuk matriks dari DCT akan dilakukan proses SVD untuk mendapatkan matriks U, S dan V. Dari ketiga matriks tersebut dipilih matriks S untuk disisipkan watermark. Sebelum proses penyisipan, watermark tersebut dilakukan kompresi oleh CS akuisisi dan ditambahkan bit sinkronisasi ke watermark. Watermark yang digunakan berupa gambar. Hasil yang diharapkan pada makalah ini harus menunjukkan bahwa usulan metode watermarking sangat tahan dan kuat terhadap berbagai jenis serangan.

Kata Kunci : Lifting Wavelet Transform, Discrete Cosine Transform, Singular Value Decomposition, Compressive Sampling, Audio Watermarking.

## 1. Pendahuluan

Saat ini teknologi informasi dan komunikasi berkembang pesat, ditunjukkan dengan semakin banyaknya lalu lintas data pada jaringan internet. Saat ini, internet dapat ditemukan dengan sangat mudah oleh pengguna dan bahkan telah menjadi kebutuhan sehari-hari. Kemudahan dalam menggunakannya menyebabkan internet sebagai sumber yang digunakan untuk mengakses segala jenis informasi, sehingga penyebaran konten multimedia seperti musik, lagu dan file audio lainnya tidak dapat dikendalikan. Hal ini menjadi perhatian khusus bagi pihak-pihak tertentu karena dapat menyebabkan kerugian seperti distribusi ilegal, pelanggaran hak cipta, dan pembagian data yang tidak sah. Sudah menjadi kebutuhan dan keharusan untuk mempertahankan karakteristik intelektual konten digital dari media tertentu. Watermarking menjadi salah satu solusi untuk memecahkan masalah tersebut. Watermarking adalah sinyal atau pola digital yang disematkan ke dalam gambar digital, video, audio atau perangkat lunak lainnya. Namun, hasil dari watermarking tidak selalu sempurna seperti yang diharapkan, hal itu terjadi karena adanya noise yang bisa mengganggu atau mengubah file audio. Salah satu

implementasi watermarking adalah audio watermarking.

Terdapat beberapa penelitian terkait tentang audio watermarking dengan salah satu metode transformasi seperti LWT, DCT, atau SVD yang akan dijelaskan pada bagian ini. Makalah pertama berjudul *A Dual Digital Audio Watermarking Algorithm Based on LWT* dimana pada makalah tersebut dijelaskan dapat menahan jenis serangan, seperti filter low-pass, noise Gaussian, resampling dan kompresi. Metode ini dapat mengamankan hak cipta dan menghasilkan integritas sinyal audio selain itu kekurangan dari makalah ini belum ada metode transformasi yang mengubah domain waktu ke domain frekuensi untuk melakukan proses watermark yang lebih baik dan *secure*<sup>1</sup>. Makalah lain metode LWT dikombinasikan dengan SVD dan Fast Walsh Hadamard Transform yang menghasilkan beberapa analisis menunjukkan bahwa metode tersebut memberikan ketahanan tinggi terhadap serangan termasuk pengambilan sampel ulang, derau, kompresi pada MP3 dan cropping, kelemahan pada makalah ini adalah watermark yang dihasilkan tidak sempurna, seperti yang diinginkan<sup>2</sup>. Penelitian selanjutnya adalah tentang metode DCT. Hasil penelitian ini adalah metode yang memiliki ketahanan cukup tinggi

terhadap serangan kompresi MP3, namun memiliki kelemahan pada SNR yang dihasilkan tidak sesuai dengan ketentuan yang berlaku<sup>3</sup>. Penelitian terkait lainnya adalah metode *Lifting wavelet* yang memiliki kekurangan untuk kemampuan adaptasi diri, skema ini tanpa menggunakan SNR belum mencapai ketahanan terhadap penyaringan *lowpass*, derau aditif, menghilangkan derau<sup>4</sup>. Pada penelitian selanjutnya menjelaskan bahwa hasil percobaan telah membuktikan *watermark embedding* dalam pendekatan yang diusulkan tidak membuat cukup buruk sinyal audio, tetapi harus ada perbaikan lagi pada bagian gambar yang diekstraksi<sup>5</sup>. Pada makalah selanjutnya dijelaskan bahwa memiliki ketahanan yang tinggi terhadap serangan dengan adanya metode LWT, namun kekurangannya adalah SNR yang dihasilkan belum memenuhi usulan awal, hanya mendekati saja<sup>6</sup>. Suatu audio watermarking memiliki ketahanan yang bagus dan nilai SNR yang baik ketika metode DWT dan DCT di kombinasikan, dan perbandingan dengan LWT-DCT-SVD nilainya tidak lebih baik dari metode DWT-DCT, kekurangan dari makalah tersebut adalah tidak ditambahkan bit sinkronisasi dan proses CS pada *watermark* sehingga masih terjadi kesalahan ketika sedang dilakukan ekstraksi<sup>7</sup>. Pada makalah selanjutnya, skema yang diusulkan menghasilkan ketahanan yang kuat terhadap serangan hibrida dan desinkronisasi, namun kekurangannya adalah masih memiliki banyak ketidak sempurnaan<sup>8</sup>. Pada penelitian terkait sebelumnya juga dijelaskan bahwa ketika kita dapat meningkatkan ketahanan pasti akan menurunkan *invisibility*. Pada metode yang digunakan bahwa pada makalah ini dapat meningkatkan ketahanan sekaligus mempertahankan ketidakmampuan untuk mendapatkan PSNR yang dapat diterima<sup>9</sup>. Pada paper selanjutnya dijelaskan bahwa menggunakan metode LWT dengan metode *Spread Spectrum* memiliki performansi *host* audio sudah baik dan optimal karena nilai snr sudah diatas nilai rata-rata yaitu 20 namun nilai odg yang masih belum optimal terutama untuk citra ukuran mulai 30x30 sampai ukuran 50x50 dan nilai psnr sedikit buruk karena di bawah 10, dari hasil percobaan serangan, sistem paling tahan terhadap serangan jenis *resampling*<sup>10</sup>. Dijelaskan juga bahwa dengan menggunakan metode DCT pada paper sebelumnya menghasilkan ODG = -3,6332 yang berarti, kualitas audio terwatermark tidak baik karena masih terdengar jelas perbedaannya oleh telinga (*imperceptibility*), jika dibandingkan dengan audio yang belum diberi *watermark* dan nilai BER = 0,4200 yang berarti, watermark citra rusak ketika diberi attack. Hal ini menandakan ketahanan (*robustness*) dari *watermark* masih kurang baik<sup>11</sup>. Pada paper selanjutnya terkait dengan audio watermarking dengan metode *Multicarrier Modulation* dapat disimpulkan bahwa

tingkat *imperceptibility* masih jauh lebih rendah dari skala *threshold Imperceptibility* itu sendiri<sup>12</sup>. Pada metode yang diusulkan yaitu DCT dan DWT telah mencapai kualitas watermark sempurna dengan BER = 0. Dan kualitas gambar *watermarked* dengan parameter PSNR juga meningkat sekitar 5 dB dibanding kualitas gambar *watermarked* dari metode sebelumnya<sup>13</sup>.

Dalam makalah ini, metode LWT-DCT-SVD dipilih untuk mendapatkan hasil *watermark* yang lebih baik sehingga kinerja audio *watermarking* akan meningkat seperti kualitas audio, ketahanan yang lebih tinggi terhadap serangan, dan kemampuan *imperceptibility* yang lebih tinggi. Karena pada penelitian terkait yang sudah dijelaskan pada paragraph sebelumnya metode LWT memiliki kelebihan dalam ketahanan yang tinggi terhadap serangan namun masih memiliki kekurangan dan selain itu pada metode DCT memiliki kelebihan menghasilkan kualitas host yang bagus jika di kombinasikan dengan DWT, oleh karena itu pada kali ini akan di kombinasikan dengan metode LWT agar memiliki kualitas yang lebih baik. Selain itu digunakan metode SVD berfungsi untuk mengurangi *noise*<sup>14</sup>. Proses watermarking dibagi menjadi dua tahap yaitu *embedding step* dan *extracting step*. Tahap *embedding* adalah untuk memasukkan bit *watermark* pada *host* audio. Proses pertama adalah membaca sinyal pembawa audio yang akan melalui proses LWT yang diterapkan untuk pemilihan frekuensi *subband*. Setelah itu, proses DCT diaplikasikan dengan *subband* frekuensi yang telah dipilih, dimana akan dilakukan transformasi sinyal *carrier* audio dengan frekuensi pilihan dari domain waktu ke domain frekuensi. *Output* dari proses DCT akan menerapkan proses SVD dimana hasilnya adalah matriks manipulasi yaitu matriks S, matriks U dan matrik V. Matriks U dan V akan diteruskan ke SVD *Reconstruction*, sedangkan matriks S akan dimodifikasi dengan watermark untuk proses *embedding*. Pada proses *embedding* menggunakan metode QIM, matriks S akan disisipkan dengan watermark, sebelumnya watermark melalui proses konversi dari matriks dua dimensi yang terdapat pada watermark menjadi matrik satu dimensi dilakukan pada *pre-processing*. Setelah itu, dilakukan proses *Compressive Sampling* dari matriks asli ke matriks yang lebih kecil. Kemudian, output dari *Compressive Sampling* ditambahkan dengan bit sinkronisasi. Dan tahap ekstraksi adalah mengambil bit *watermark* pada audio yang diberi *watermark*. Pada tahap ekstraksi, *watermarked* audio dibaca. Proses selanjutnya sama dengan proses *embedding* sampai mendapatkan matriks S dari proses SVD. Selanjutnya, matriks S dari proses SVD akan diekstraksi dengan proses ekstraksi QIM. Setelah itu, bit sinkronisasi diaplikasikan dan hasilnya akan dilanjutkan ke

proses rekonstruksi CS. Dan akhirnya, hasilnya akan menghasilkan *watermark*. Dengan metode gabungan ini, diharapkan dapat melindungi hak cipta, menjaga kualitas audio, tahan terhadap serangan, dan kesalahan pada audio watermarking minimum.

Makalah ini dideskripsikan sebagai berikut: bagian 2 mendeskripsikan metode yang digunakan *audio watermarking*, seperti penjelasan dari metode *embedding* dan ekstraksi serta model yang digunakan. Pada bagian 3 menjelaskan pembahasan dan analisis data dari beberapa parameter kinerja, sedangkan kesimpulannya dijelaskan pada bagian 5.

## 2. Metode

Pada Bagian ini akan dijelaskan mengenai jenis metode yang digunakan pada makalah ini, seperti rincian metode, pengumpulan data dan metode analisis data yang digunakan.

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

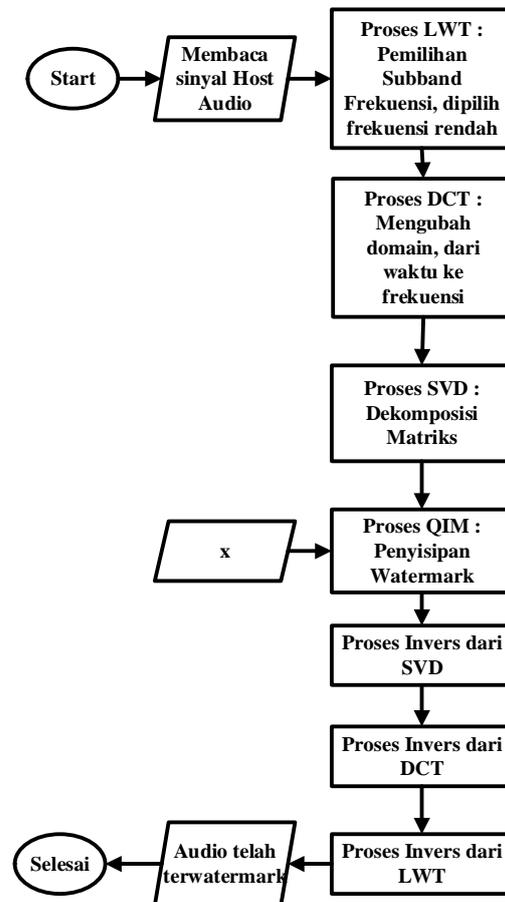
Metode pertama yang digunakan pada pembuatan makalah ini adalah dengan melakukan studi literatur terkait *Audio Watermarking*, *Compressive Sensing* (CS), *Lifting Wavelet Transform* (LWT), *Singular Value Decomposition* (SVD) dan *Discrete Cossine Transform* (DCT), literatur yang digunakan berupa jurnal penelitian, buku referensi, dan sumber terkait lainnya. Setelah itu, dilakukan implementasi *audio watermarking* dengan menggunakan metode LWT-DCT dan SVD, mengapa menggunakan metode tersebut karena pada penelitian sebelumnya belum pernah dilakukan penggabungan dari metode tersebut dengan secara detail dan menyeluruh, serta setelah dibaca dari beberapa *paper* sebelumnya masing-masing dari metode tersebut memiliki hasil yang kurang maksimal. Implementasi tersebut dilakukan dengan menggunakan matlab R2017a. Kemudian, dilakukan analisis nilai SNR, ODG dan BER, untuk mengetahui seberapa tahan file tersebut terhadap serangan dan seberapa bagus kualitas dari file tersebut untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan adalah metode yang terbaik. Dan terakhir, dilakukan analisis perbandingan serta penarikan kesimpulan dari hasil perbandingan tersebut dan ditulis dalam bentuk makalah.

### 2.2 Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan yaitu dengan menghitung nilai kapasitas, BER, SNR dan ODG. Untuk mengetahui nilai-nilai tersebut, harus dilakukan proses ekstraksi dan *embedding* sinyal audio, BER dihitung setelah proses ekstraksi, sedangkan kapasitas, SNR dan ODG dilakukan pada proses *embedding*. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai proses *embedding* dan ekstraksi.

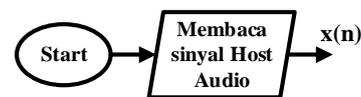
#### 2.2.1 Proses embedding

*Embedding* adalah proses penyisipan *watermark* ke *host* sinyal audio. Berikut ini merupakan penjelasan prosesnya:



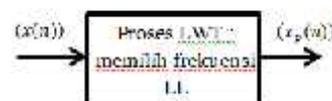
Gambar 1. Proses *Embedding*

Langkah 1: Membaca sinyal *host* audio ( $x(n)$ ) kedalam matriks satu dimensi.



Gambar 2. Proses membaca sinyal *host* audio

Langkah 2: Dilakukan proses LWT untuk menentukan *subband* frekuensi ( $x_p(n)$ ) *subband* frekuensi tersebut akan dilakukan proses *embedding*.



Gambar 3. Proses LWT

Pada tahap ini digunakan perhitungan :

$$x(n) = \{S_j\}$$

Ada tiga kali proses perhitungan pada metode LWT yang pertama proses *split* dimana dibagi menjadi dua bagian yaitu fungsi genap dan fungsi ganjil, untuk fungsi genap dilakukan perhitungan :

$$e_{j-1} = \{e_{j-1} = S_{j,2k}\}$$

Untuk perhitungan ganjil :

$$O_{j-1} = \{O_{j-1,k} = S_{j,2k+1}\}$$

Kedua dilakukan proses perhitungan prediction, berfungsi untuk memprediksi subset berdasarkan korelasi lokal pada data asli dengan didefinisikan sebagai berikut :

$$d_{j-1} = O_{j-1} - p(e_{j-1})$$

Dimana  $\{Pk\}$  merupakan fungsi antisipasi yang bisa dinyatakan operator prediksi ( $p$ ), fungsi ( $Pk$ ) dapat memilih data yang sesuai ( $e_{j-1}$ ) itu sendiri. Dilanjutkan dengan proses perhitungan *Update*, dengan didefinisi sebagai berikut :

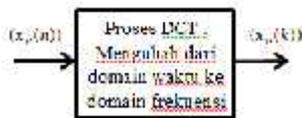
$$S_{j-1} = e_{j-1} + U(d_{j-1})$$

dimana  $S_{j-1}$  adalah *low frequency* dari  $x(n)$ .

Pada penjelasan ini penulis mengasumsikan bahwa :

$$S_{j-1} = x_p(n)$$

Langkah 3: Dilakukan proses DCT, dimana proses ini adalah proses untuk transformasi dari domain waktu ke domain frekuensi ( $X_p(k)$ ).



Gambar 4. Proses DCT

Pada proses ini dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$x_p(k) = w(k) \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{\pi(2n-1)(k-1)}{2N}\right)$$

$$w(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & k = 0 \\ \frac{2}{\sqrt{N}}, & k = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

Dimana  $N$  adalah jumlah sampel dan  $x(n)$  dari sinyal audio dan  $k = 0, 1, \dots, N-1$ , dan untuk  $w(k)$  dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

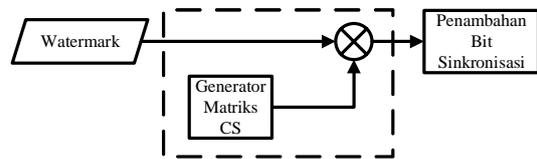
Langkah 4: Dilakukanlah proses SVD, dimana  $X_p(k)$  akan didekomposisi menjadi matriks  $S$ , matriks  $U$  and matriks  $V$ . Dimana matriks  $U$  dan matriks  $V$  akan diteruskan ke proses SVD

rekonstruksi, sedangkan matriks  $S$ , akan diteruskan ke proses QIM. Didefinisikan sebagai berikut :

$$x_p(k) = USV^T$$

Dimana matriks  $U$  dan matriks  $V$  merupakan matriks orthogonal, sedangkan matriks  $S$ , adalah matriks diagonal.

Langkah 5: Dilakukanlah proses penyisipan watermark pada matriks  $S$ , yang telah dipilih tadi, watermark yang digunakan adalah watermark yang telah dilakukan proses CS dan penambahan bit sinkronisasi. Hasil dari proses ini akan mengeluarkan matriks  $\bar{S}$  yang merupakan gabungan dari bit watermark dan matriks  $S$ . untuk proses CS silakukan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5. Proses CS

Digunakan rumus untuk stabilitas CS :

$$\|x^* - \hat{x}\|_2 \leq C \|x - \hat{x}(k)\|_1$$

Diberikan sebuah matrik seperti dibawah ini:

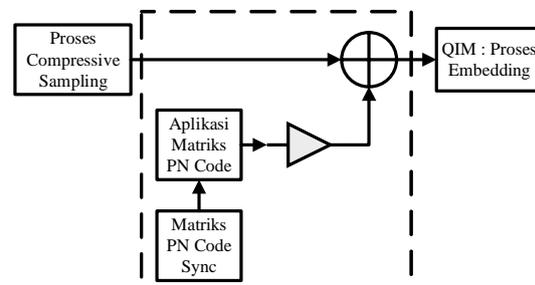
$$A \in R^{M \times N}$$

Dimana  $k$ -th merupakan parameter RIP dari matriks  $A$ ,  $\delta_k(A)$ , dan didefinisikan sebagai berikut:

$$(1 - \delta)R \leq \frac{x^T A^T A x}{x^T x} \leq (1 + \delta)R, \forall x, \|x\|_1 = R$$

Dimana,  $\delta_k(A)$  terkecil telah di set bahwa matriks  $m \times n$  yaitu submatriks dari matriks  $A$ .

Untuk proses penambahan bit sinkronisasi akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 6. Proses Penambahan bit sinkronisasi

Langkah 6: Dilakukanlah proses ISVD untuk menggabungkan matriks  $U$   $V$  and  $\bar{S}$ . dan dihasilkan  $\bar{X}_p(k)$ . Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{x}_p(k) = (V^T)^{-1} S^{-1} U^{-1} = V S^{-1} U^T$$

Langkah 7: Dilakukanlah proses IDCT, dimana merupakan proses transformasi untuk mengkonversi atau mengubah bit yang berupa matriks tersebut dari domain frekuensi  $\bar{x}_p(k)$  ke domain waktu. Hasil dari proses ini berupa matriks  $\bar{x}_p(n)$ . Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} w(k) X(k) \cos \frac{k2\pi n}{N}$$

dimana  $k = 1, 2, 3, \dots, N-1$ ,  $X(k)$  adalah hasil dari DCT, dan  $w(k) = 1$  untuk  $k=0$  dan  $w(k) = 2$  untuk  $k = 1, 2, 3, \dots, N-1$ .

Langkah 8: Dilakukanlah proses ILWT untuk mengembalikan sinyal ke sinyal seperti semula sebelum ditambahkan dengan watermark. Hasil dari proses ini adalah berupa sinyal audio yang telah terwatermark atau dengan kata lain audio *watermarked*  $\hat{x}(n)$ . Seperti pada penjelasan langkah 1 bahwa ada tiga proses yakni : *split*, *prediction* dan *update*. Persamaan proses split pada ILWT adalah sebagai berikut:

$$S_{j-1} = U(d_{j-1})$$

Persamaan proses prediksi di ILWT adalah sebagai berikut:

$$a_{j-1} = P(S_{j-1})$$

Persamaan proses *update* di ILWT adalah sebagai berikut:

$$S_j = Merge(S_{j-1}, a_{j-1}),$$

dimana pada proses ini :

$$S_{j-1} = \hat{x}(n)$$

Langkah 9: Menghitung Kapasitas, Signal to Noise Ratio (SNR) dan Objective Different Grade (ODG) setelah mendapatkan sinyal  $\hat{x}(n)$ .

### 2.2.2 Proses Ekstraksi

File yang telah disisipkan watermark hasil dari pada proses embedding tersebut harus dilakukan ekstraksi untuk mengetahui seberapa bagus kualitas yang dapat dihasilkan dari metode yang diusulkan. Proses dari ekstraksi tersebut adalah sebagai berikut :

Catatan : Untuk penggunaan rumus perhitungan sama seperti yang dilakukan dengan proses *embedding*.

Langkah 1: Membaca sinyal *watermarked audio*  $\hat{x}(n)$  dalam matriks satu dimensi.

Langkah 2: Dilakukan proses LWT untuk menentukan frekuensi yang akan digunakan untuk proses ekstraksi yaitu frekuensi rendah, frekuensi yang digunakan pada proses *embedding* dan *extraction* merupakan frekuensi yang sama. dan menghasilkan matriks  $\bar{x}_p(n)$ .

Langkah 3: Dilakukan proses DCT, lakukan proses yang sama seperti yang dilakukan pada proses *embedding*.

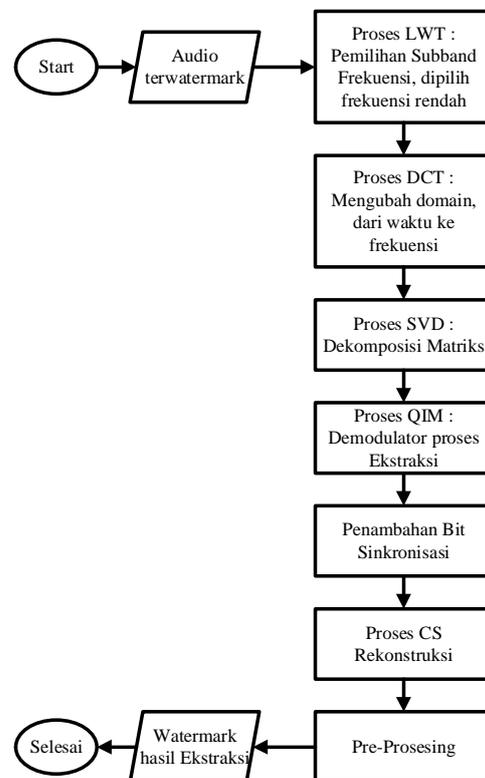
Langkah 4: Dilakukan proses SVD. Dimana hasil dari proses ini adalah suatu dekomposisi matriks  $\bar{S}$ ,  $U$  dan  $V$ . Matriks  $U$  and  $V$  akan diteruskan ke proses SVD Reconstruction, sedangkan matriks  $\bar{S}$  akan dilakukan proses penguraian lagi.

Langkah 5: Ambil matriks  $\bar{S}$  untuk dilakukan extract bit watermark  $\bar{w}_c b(n)$ .

Langkah 6: Dilakukan proses CS reconstruction  $\bar{w}_c(n)$ .

Langkah 7: Dilakukan kembali proses penambahan bit sinkronisasi untuk mengetahui letak bit awal dari sinyal tersebut. Setelah itu, Dilakukan proses konversi dimensi dari matriks satu dimensi ke matriks dua dimensi, dilakukan pada proses pre-processing, lalu ambil *watermark*  $\bar{w}(n)$ .

Langkah 8: Dilakukanlah perhitungan untuk nilai Bit Error Rate (BER).



Gambar 7. Proses Ekstraksi

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam tulisan ini kami menguji watermark audio dan watermark yang diekstraksi. Pengujian melalui beberapa parameter, yaitu Signal to Noise Ratio (SNR), Bit Error Rate (BER), Objective Different Grade (ODG). Dimana SNR adalah nilai yang menyatakan tingkat kebisingan audio. BER adalah parameter pengukuran obyektif yang digunakan untuk mengukur keakuratan data yang diekstraksi pesan yang dimasukkan ke dalam file audio dengan menghitung persentase bit yang salah dari hasil ekstraksi dengan keseluruhan bit sebelum embedding dan parameter ini diperoleh dari membandingkan watermark setelah proses ekstraksi dan sebelum dilakukan proses embedding. ODG adalah parameter pengukuran obyektif yang dihitung dengan evaluasi persepsi terhadap algoritma kualitas audio yang ditentukan pada Standar ITU-R BS. 1387-1 (International Telecommunication Union-Radio-communication Sector). Nilai ODG adalah salah satu hasil keluaran dari *Perceptual Evaluation of Audio Quality Mutu* (PEAQ), parameter ini dapat dihitung dengan membandingkan sinyal audio asli dengan audio yang telah diberi watermark.

Dengan diterapkannya metode LWT, DCT dan SVD diharapkan audio yang telah di watermark dapat menghasilkan kualitas yang baik dan tahan terhadap serangan.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan di atas, hasil penelitian ini mampu menghasilkan watermark yang baik dan kuat serta kualitas watermarking audio yang tinggi dengan kapasitas tinggi. Kualitas ini ditentukan dari 3 parameter utama, yaitu ODG yang diharapkan bernilai lebih dari -1, SNR diperkirakan paling sedikit 28 dB, dan nilai BER diharapkan maksimal sampai 5%.

### Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan karunia-NYA, maka penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan lancar. Atas dukungan moral dan materil yang diberikan dalam penyusunan makalah ini, maka penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa.
2. Keluarga besar Bapak Ayi Mulyadi selaku orang tua dan keluarga penulis.
3. Dosen pembimbing yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan memberikan wawasan baru serta membantu penulis dalam menyelesaikan makalah ini
4. Serta rekan-rekan yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap semoga makalah ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi terhadap pembaca.

### Daftar Pustaka

1. Xuesongl, C., Haiman, C. & Fenglee, W. A Dual Digital Audio Watermarking Algorithm Based on LWT. 721–725 (2012).
2. Dhar, P. K. & Simamura, T. A Blind LWT-Based Audio Watermarking Using Fast Walsh Hadamard Transform and Singular Value Decomposition. *Circuits Syst. (ISCAS), 2014 IEEE Int. Symp.* 125–128 (2014). doi:10.1109/ISCAS.2014.6865081
3. Zeng, G. & Qiu, Z. Audio watermarking in DCT: Embedding strategy and algorithm. *Int. Conf. Signal Process. Proceedings, ICSP* 2193–2196 (2008). doi:10.1109/ICOSP.2008.4697583
4. Wang, R. & Chai, P. A new adaptive audio watermarking algorithm for copyright protection. 281–286 (2003). doi:10.1109/NLPKE.2003.1275913
5. El-Bendary, M. A. M., Haggag, A., Shawki, F. & Abd-El-Samie, F. E. Proposed approach for improving Bluetooth networks security through SVD audio watermarking. *2012 6th Int. Conf. Sci. Electron. Technol. Inf. Telecommun. SETIT 2012* 594–598 (2012). doi:10.1109/SETIT.2012.6481979
6. Li, J. & Wu, T. Robust audio watermarking scheme via QIM of correlation coefficients using LWT and QR decomposition. *ICCSS 2015 - Proc. 2015 Int. Conf. Inf. Cybern. Comput. Soc. Syst.* 1–6 (2015). doi:10.1109/ICCSS.2015.7281138
7. Lalitha, N. V., Prasad, P. V. & Rao, S. U. M. Performance analysis of DCT and DWT audio watermarking based on SVD. *Proc. IEEE Int. Conf. Circuit, Power Comput. Technol. ICCPCT 2016* (2016). doi:10.1109/ICCPCT.2016.7530129
8. Lei, B., Soon, I. Y. & Tan, E. L. Robust SVD-based audio watermarking scheme with differential evolution optimization. *IEEE Trans. Audio, Speech Lang. Process.* **21**, 2368–2378 (2013).
9. Iwut, I., Budiman, G. & Novamizanti, L. Optimization of discrete cosine transform-based image watermarking by genetics algorithm. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* **4**, 91–103 (2016).
10. Wibowo, A. S., Kusumanegara, A. S. & Budiman, G. ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING BERBASIS LIFTING WAVELET TRANSFORM PADA DOMAIN. *Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. Di Ind. 2017 ISSN 2085-*, B4.2-B4.6 (2017).
11. Sitompul, B., Raekania, F. & Budiman, G. Optimasi Audio Watermarking Berbasis

- Discrete Cosine Transform Dengan Teknik Singular Value Decompositon. *Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. Di Ind. 2017 ISSN 2085-*, 1–7 (2017).
12. Budiman, G., Suksmono, A. B. & Shin, D. H. A multicarrier modulation audio watermarking system. *Proc. - 5th Int. Conf. Electr. Eng. Informatics Bridg. Knowl. between Acad. Ind. Community, ICEEI 2015* 154–160 (2015). doi:10.1109/ICEEI.2015.7352487
  13. Budiman, G., Novamizanti, L. & Iwut, I. International Conference on Recent Trends in Physics 2016 (ICRTP2016). *J. Phys. Conf. Ser.* **755**, 11001 (2016).
  14. Aryani, F., Yulianti, D. & Matematika, J. Aplikasi Metode Singular Value Decomposition ( SVD ) Pada Sistem Persamaan Linier Kompleks. *J. Sains dan Teknol. Ind. UIN Sultan Syarif Kasim Riau* **10**, 67–76 (2012).



SEMINAR NASIONAL  
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI**  
**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**BERITA ACARA**  
**KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

- Nama Pemakalah : Elsa Nur Fitri Astuti<sup>1</sup>, Gelar Budiman<sup>2</sup>, Ledy Novamizanti<sup>3</sup>  
Judul Makalah : PERANCANGAN TEKNIK LWT-DCT-SVD PADA AUDIO WATERMARKING STEREO DENGAN SINKRONISASI DAN COMPRESSIVE SAMPLING  
Pukul : 10.15 - 10.30  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY  
Ruang : A.26  
Moderator : Dulhadi, ST, MT  
Notulen : Mutiasari K.D, S.T., M.Sc .

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : \_\_\_\_\_ orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dulhadi, ST, MT	 Elsa Nur Fitri Astuti <sup>1</sup> , Gelar Budiman <sup>2</sup> , Ledy Novamizanti <sup>3</sup>



**SEMINAR NASIONAL  
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI  
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281. Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**NOTULEN  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

- Nama Pemakalah : Elsa Nur Fitri Astuti<sup>1</sup>, Gelar Budiman<sup>2</sup>, Ledy Novamizanti<sup>3</sup>  
 Judul Makalah : PERANCANGAN TEKNIK LWT-DCT-SVD PADA AUDIO WATERMARKING STEREO DENGAN SINKRONISASI DAN COMPRESSIVE SAMPLING  
 Pukul : 10.15 - 10.30  
 Bertempat di : STTNAS Yogyakarta  
 Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY  
 Ruang : A.26

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
→ Bagaimana dengan metodenya? Apakah ada sisa dari hasil ekstraksi?	→ Setelah embedding → ekstraksi Hasil berupa bit biner, watermark eblm dan sudah bit berbeda. jika jelek berarti ada error.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugianto, MT	 Dulhadi, ST, MT	 Elsa Nur Fitri Astuti <sup>1</sup> , Gelar Budiman <sup>2</sup> , Ledy Novamizanti <sup>3</sup>