

KOMPARASI METODE HYBRID IMAGE WATERMARKING DWT-SVD DENGAN RDWT-SVD UNTUK PROTEKSI HAK CIPTA PADA CITRA DIGITAL

Munawir Ansari¹⁾, Yudi Prayudi²⁾

¹⁾ Megister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta

²⁾ Megister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta
Gedung KH. Mas Mansur Kampus Terpadu UII, Jl Kaliurang Km. 14,5 Sleman, Yogyakarta 55501
Email : munawiransarist@gmail.com¹⁾, prayudi@uii.ac.id²⁾

Abstrak

Teknik proteksi file multimedia yang paling banyak digunakan saat ini untuk proteksi dan perlindungan hak cipta adalah watermarking. Teknik watermarking terus berkembang, mulai dari penggunaan teknik watermarking yang berdasarkan pada domain spasial, domain frekuensi sampai dengan penggabungan dari beberapa metode watermarking (hybrid image watermarking). Untuk menghasilkan metode atau teknik watermarking yang lebih baik untuk proteksi pada file gambar atau citra digital dilakukan penggabungan atau kombinasi beberapa teknik watermarking yang sudah ada. Teknik ini dikenal dengan istilah hybrid image watermarking. Tujuan dari hybrid image watermarking yaitu supaya bisa menghasilkan teknik watermarking yang memiliki criteria robust dan imperceptibility yang baik. Dari berbagai kombinasi hybrid image watermarking yang dilakukan dalam bidang watermarking, kecenderungan menggabungkan teknik DWT dengan teknik SVD banyak dilakukan karena bisa menghasilkan teknik watermarking yang robust dan imperceptibility. Penambahan unsur redundansi pada DWT (RDWT) bisa menghasilkan teknik watermarking yang lebih robust dan imperceptibility.

Kata kunci : Digital Watermarking, Hybrid Image Watermarking, Discrete Wavelet Transform (DWT), Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT), Singular Value Decomposition (SVD).

1. PENDAHULUAN

Teknik atau metode watermarking file gambar atau citra digital selalu dikembangkan dengan tujuan untuk menghasilkan skema watermarking yang lebih baik yaitu memiliki unsur robustness dan imperceptibility yang tinggi [1]. Robustness merupakan ketahanan watermark dari berbagai serangan dan upaya menghilangkan watermark yang disisipkan pada citra digital. Sedangkan imperceptibility merupakan ketidaktampakan perubahan file gambar atau citra digital yang dijadikan cover image akibat penyisipan watermark yang bisa dilihat atau dirasakan oleh panca indra manusia atau Human Visual System (HVS).

Perkembangan teknik digital watermarking [2] dimulai dari penggunaan teknik yang berdasarkan domain spasial seperti penggunaan teknik Least Significant Bit (LSB) yang menghasilkan skema watermarking yang rapuh (fragile) dari berbagai serangan (attack) seperti noise, kompresi, Remodulation, Filtering, Resample, Calor Reduce, Copy, Wavelet dan Ration Scala. Kemudian dikembangkan lagi teknik digital watermarking yang berdasarkan pada domain frekuensi seperti Discrete Wavelet Transform (DWT) [3], Discrete Cosine Transform (DCT) [4], [5], Fast Fourier Transform (FFT) [6], Singular Value Decomposition (SVD) [7] dan Fractal Transform [8].

Untuk menghasilkan skema watermarking yang lebih baik khususnya pada citra digital dalam bidang watermarking melakukan kombinasi teknik atau gabungan dari beberapa teknik watermarking yang sudah ada. Teknik ini dikenal dengan istilah hybrid image watermarking. Tujuan menggabungkan atau mengkombinasikan beberapa teknik watermarking yaitu bisa menghasilkan skema watermarking yang lebih baik dalam hal imperceptibility maupun robustness.

Hybrid image watermarking yang pernah dilakukan antara lain menggabungkan teknik Discrete Cosine Transform (DCT) - Spread Spectrum [9], menggabungkan teknik watermarking Discrete Wavelet Transform (DWT) - Discrete Cosine Transform (DCT) [10], hybrid image watermarking teknik Singular Value Decomposition (SVD) - Discrete Wavelet Transform [11], watermarking teknik Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT) - Singular Value Decomposition [12] dan Menggabungkan Teknik Discrete Wavelet Transform (DWT) - Discrete Wavelet Transform (DWT) - Discrete Wavelet Transform (DWT) [1].

Dari berbagai kombinasi hybrid image watermarking yang dilakukan oleh dalam bidang watermarking saat ini cenderung menggabungkan teknik DWT dengan teknik SVD karena bisa menghasilkan teknik watermarking yang robust dan imperceptibility. Penambahan unsur redundansi pada DWT (RDWT) bisa menghasilkan teknik watermarking yang lebih robust dan imperceptibility, hal ini yang ingin dibuktikan pada penelitian ini dengan melakukan komparasi hybrid image watermarking

metode atau teknik DWT-SVD dengan teknik RDWT-SVD. Hasil komparasi ini digunakan untuk menentukan metode atau teknik mana yang lebih baik digunakan untuk proteksi pada citra digital..

2. PEMBAHASAN

2.1 DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT)

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan transformasi sinyal diskrit menjadi koefisien-koefisien *wavelet* yang diperoleh dengan cara memfilter sinyal dengan dua filter yang berbeda yaitu filter rendah dan filter tinggi. *Discrete Wavelet Transform* (DWT) membagi (mendekomposisikan) citra digital menjadi 4 bagian pada frekuensi subband citra tersebut. Komponen subband *transformasi wavelet* dihasilkan dengan cara menurunkan level dekomposisi. *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dapat dilakukan dengan cara melewati sinyal melalui sebuah *Low Pass Filter* (LPF) dan melakukan downsampling pada keluaran masing-masing filter [13].

2.2 REDUNDANT DISCRETE WAVELET TRANSFORM (RDWT)

Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT) merupakan pergeseran invarian dan redundansi tingkat spasial sinyal sampling dan ukuran masing-masing subband pada RDWT memiliki ukuran yang sama dengan sinyal input sehingga menyebabkan proses ekstraksi watermark dari file host menjadi lebih akurat [13]. Perbedaan *Discrete Wavelet Transform* (RDWT) dengan *Redundant Discrete Wavelet Transform* (RDWT) yaitu pada proses pengolahan image dengan RDWT menghilangkan operasi *down-sampling*.

2.3 SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD)

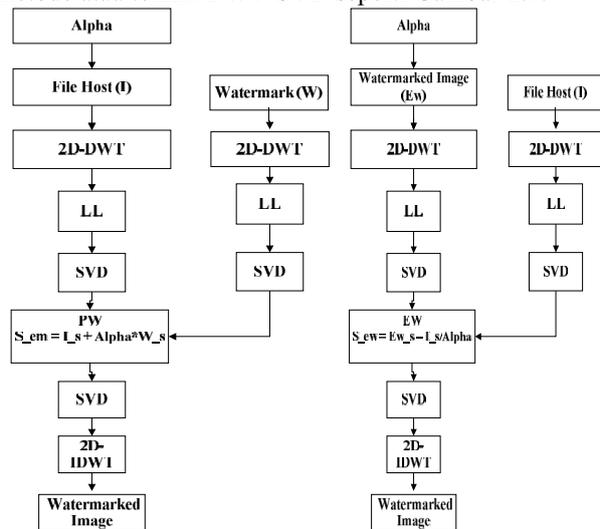
Singular Value Decomposition (SVD) memaparkan proses dekomposisi sebuah matriks menjadi tiga buah matriks yang ukurannya sama dengan matriks aslinya, yaitu matriks *hanger* (U), *stretcher* (S) dan *aligner* (V). Pada dasarnya matriks apapun dapat dibagi menjadi ketiga matriks tersebut. Matriks *hanger* (U) dan *aligner* (V) merupakan matriks orthogonal yaitu matriks U merupakan matriks orthogonal $m \times m$ dan V merupakan matriks orthogonal $n \times n$, maka perkalian dengan kedua matriks tersebut tidak akan mengubah bentuk objek karena kedua matriks itu akan mempertahankan bentuk objek. Sementara itu, matriks *stretcher* (S) merupakan matriks diagonal $m \times n$ yang bernilai riil tak negatif yang disebut dengan nilai-nilai singular. Perkalian dengan matriks *stretcher* (S) akan merentangkan suatu objek. Jika suatu kurva dikalikan dengan matriks diagonal (S), maka semua nilai pada kurva sepanjang sumbu x dan y akan terentang. Misal, jika terdapat sebuah kurva berbentuk lingkaran, maka setelah kurva tersebut dikalikan dengan matriks *stretcher* (S), bentuk kurva akan menjadi elips. Untuk mengembalikan kurva ke bentuk asalnya, dapat dilakukan perkalian dengan matriks yang komponen-komponennya merupakan kebalikan dari matriks *stretcher* (S).

SVD merupakan teknik dekomposisi matriks yang paling optimal karena menggunakan energi kuadran terkecil dalam penyisipan sinyal maksimum kedalam beberapa koefisien matriks sehingga memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan variasi statistik lokal dari suatu gambar [14].

2.4 ALGORITMA HYBRID IMAGE WATERMARKING

2.4.1 Hybrid Image Watermarking DWT-SVD

Untuk algoritma penyisipan *watermarking* dengan metode atau teknik DWT-SVD seperti Gambar 2.1.



Penyisipan watermark

Ekstraksi watermark

Gambar 2.1 Algoritma penyisipan dan ekstraksi watermarking dengan teknik DWT-SVD

Prosedur penyisipan *watermark* pada citra digital (*file host*) dijelaskan sebagai berikut :

1. Dekomposisi file host menjadi 4 (empat) bagian dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT);
2. Pilih koefisien detail aproksimasi (LL_1) dan terapkan level 2 DWT sehingga memperoleh 4 (empat) bagian yang berbeda yaitu LL_2 , HL_2 , LH_2 dan HH_2
3. Pilih koefisien detail aproksimasi (LL_2) sebagai tempat penyisipan watermark;
4. Terapkan SVD pada detail aproksimasi (LL_2) dengan rumus :

$$I^l = U^l S^l V^{lT}$$
5. Untuk watermark juga diproses dengan operasi SVD;

$$W = U^w S^w V^{wT}$$
6. Sisipkan watermark pada *file host* dengan menggunakan algoritma penyisipan dengan menjumlahkan matriks *file host* dengan matriks citra *watermark* yang sudah dikalikan dengan faktor *alpha*.

$$S_{em} = I_s + Alpha * Ew_s;$$
7. Lakukan Inverse SVD pada watermarked image dengan modifikasi nilai singular;

$$I^{*l} = U^l S^{*l} V^{lT}$$

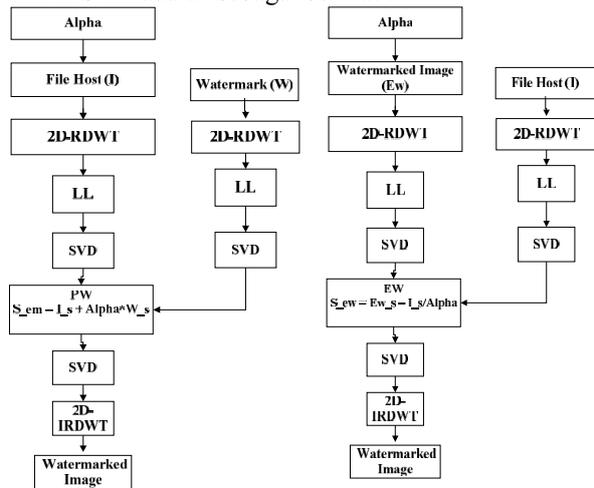
- Lakukan proses Invers DTW untuk merokonstruksi *watermarked image* yang berupa fungsi menjadi *watermarked image* yang berupa file gambar atau citra digital.

Prosedur ekstraksi *watermark* dari *file host* untuk metode DWT-SVD dijelaskan sebagai berikut :

- Watermarked image* didekomposisikan dengan teknik DWT untuk mendapatkan subband LL;
- Pilih koefisien detail aproksemi (LL₂);
- Terapkan SVD pada detail aproksemi (LL₂) dengan rumus : $LL=USV^T$
- Untuk *file watermark* dan *file host* juga diproses dengan operasi yang sama seperti *watermarked image*;
- Ekstraksi *watermark* pada dari *file host* dengan metode ekstraksi;
 $S_{ew}=(Ew_s - I_s)/Alpha$
- Terapkan Invers SVD dengan modifikasi nilai singular untuk memperoleh koefisien frekuensi rendah dari *watermark* yang masih berupa fungsi;
- Dari *watermark* yang berupa fungsi lakukan proses Invers DTW untuk rekonstruksi citra *watermark*.

2.4.2 Hybrid Image Watermarking RDWT-SVD

Algoritma penyisipan *watermarking* dengan teknik RDWT-SVD adalah sebagai berikut :



Penyisipan watermark Ekstraksi watermark
Gambar 2.3 Algoritma penyisipan watermarking dengan teknik RDWT-SVD

Prosedur penyisipan *watermark* pada *file host* dengan teknik RDWT-SVD dijelaskan sebagai berikut :

- Lakukan RDWT pada *file host*;
- Pilih koefisien detail aproksemi (LL₂) sebagai tempat penyisipan *watermark*;
- Terapkan SVD pada detail aproksemi (LL₂) pada *file host* dengan rumus :
 $I^l=U^l S^l V^{lT}$
- Untuk *watermark* juga diproses dengan operasi SVD
 $W=U^w S^w V^{wT}$
- Sisipkan *watermark* pada *file host* dengan algoritma penyisipan dengan menambahkan factor alpha pada *watermak*

$$S_{em}=I_s + Alpha * Ew_s$$

- Lakukan Inverse SVD pada *watermarked image* dengan modifikasi nilai singular;
- Lakukan proses Invers RDWT untuk merekonstruksi *watermarked image*.

Prosedur ekstraksi *watermark* dari *file host* untuk metode DWT-SVD dijelaskan sebagai berikut :

- Watermarked image* diproses dengan RDWT untuk mendapatkan subband LL;
- Pilih koefisien detail aproksemi (LL₂);
- Terapkan SVD pada detail aproksemi (LL₂) dengan rumus :
 $I^{*l}=U^{*l} S^{*l} V^{*lT}$
- Untuk citra *watermark* diproses dengan SVD dengan rumus :
 $W^{*w}=U^{*w} S^{*w} V^{*wT}$
- Ekstraksi *watermark* pada dari *file host* dengan algoritma ekstraksi;
 $S_{ew}=(Ew_s - I_s)/Alpha$
- Terapkan Invers SVD dengan modifikasi nilai singular untuk memperoleh koefisien frekuensi rendah dari *watermark*
- Lakukan proses Invers RDTW untuk merekonstruksi citra *watermark*.

2.5 KOMPARASI HYBRID IMAGE WATERMARKING DWT-SVD DENGAN RDWT-SVD DARI SEGI IMPERCEPTIBILITY

Untuk melakukan komparasi antara hybrid image watermarking DWT-SVD dengan RDWT-SVD dari segi imperceptibility, nilai PSNR dan Corr dikelompokkan berdasarkan karakteristik dan jenis *citra inputan* atau *file host* yang digunakan pada proses watermarking.

Tabel 2. 1 Nilai PSNR dan Corr Karakteristik Citra

Karakteristik Citra	DWT-SVD		RDWT-SVD	
	PSNR	Corr	PSNR	Corr
Textures	38.255	0.998	38.257	0.998
Aerials	33.047	0.999	33.052	0.999
Miscellaneous	36.860	0.999	36.865	0.999
Sequences	44.518	0.998	44.523	0.998

Menurut [15] standar untuk parameter imperceptibility pada watermarking citra digital diupayakan untuk menghasilkan nilai PSNR diatas 35dB, rating kualitas image (Q) minimal 4 (good) dan Corr minimal 0.8 (skala 0-1). Untuk skema hybrid image watermarking dengan metode atau teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD sudah memenuhi kriteria diatas. Tabel 2.1 dan 2.2 membandingkan nilai *PSNR (Peak Signal to Noise)* untuk teknik hybrid image watermarking DWT-SVD dan RDWT-SVD yaitu sebesar 37.0836 dB (DWT-SVD) dan 37.0877 dB (RDWT-SVD). Nilai rata-rata *Perceptual Quality Matrix (Q)* adalah sebesar 4.9518 (DWT-SVD) dan 4.9519 (RDWT-SVD). Sedangkan nilai Corr untuk sebesar 0.9967 (DWT-SVD) dan 0.9969 (RDWT-SVD).

Nilai PSNR, Q, Corr teknik hybrid image watermarking RDWT lebih tinggi dibandingkan teknik DWT-SVD hal ini disebabkan karena pada proses RDWT-SVD menghilangkan proses downsampling, sehingga tidak terlalu mengurangi informasi atau kualitas citra digital hasil proses watermarking.

Dari data pada Tabel 2.1 nilai PSNR untuk citra karakteristik texture untuk teknik DWT-SVD sebesar 38.2557 dB dan teknik RDWT-SVD 38.2557 dB, terdapat selisih nilai sebesar 0.0002 dB. Untuk citra Aerials nilai PSNR teknik DWT-SVD 33.0474 dB dan RDWT-SVD 33.0529 dB, selisih nilai sebesar 0.0055 dB, citra Miscellaneous teknik DWT-SVD 36.8609 dB dan RDWT-SVD 36.8654, selisih 0.0045 dB, dan citra Squences teknik DWT-SVD 44.5187 dB dan RDWT-SVD 44.5237, selisih 0.0050 dB. Sedangkan nilai corr pada karakteristik texture, Aerials, Miscellaneous dan Squences memiliki nilai yang hampir sama yaitu diatas 0.99, hal ini menandakan bahwa kedua teknik hybrid image watermarking yaitu teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD memiliki nilai imperceptibility yang sama tinggi karena sudah diatas nilai standar yaitu untuk PSNR diatas 35dB dan untuk Corr diatas 0.8.

Tetapi pada hybrid image watermarking dengan teknik RDWT-SVD nilai PSNR sedikit lebih baik sebesar 0.0002 dB untuk karakteristik texture, Aerials 0.0055 dB, Miscellaneous 0.0045 dB dan Squences 0.0050 dB. Hal ini menandakan bahwa *hybrid image watermarking* dengan teknik RDWT-SVD lebih *imperceptibility* dibandingkan dengan teknik DWT-SVD, walaupun perbedaannya antara kedua teknik tersebut tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan karena pada teknik RDWT-SVD adanya proses redudansi yang menghilangkan proses downsampling, sehingga tidak terjadi pergeseran invariant dari subband dan menyebabkan koefisien wavelet tidak berubah akibat dari proses downsampling sehingga menyebabkan tingkat akurasi dalam proses watermarking menjadi lebih baik. *Hybrid image watermarking* dengan teknik RDWT-SVD memiliki karakter *imperceptibility* sangat baik sehingga sangat baik digunakan untuk proteksi pada citra digital yang lebih memperhatikan kualitas secara perseptual.

Implementasi *hybrid image watermarking* dengan metode atau teknik RDWT-SVD untuk proteksi pada citra digital sangat baik karena karakteristik *imperceptibility* pada metode RDWT-SVD yang cukup tinggi sehingga penyisipan *watermark* tidak mengganggu atau mengurangi kualitas citra asli. Sehingga nilai perceptual citra asli atau file host tetap tinggi walaupun sudah disisipkan watermark.

2.6 komparasi Hybrid Image Watermarking Dwt-Svd Dengan Rdwt-Svd Dari Segi Robustness

Pada penelitian ini menggunakan program *automatic attack* yaitu *checkmark* untuk menghasilkan serangan secara otomatis terhadap image hasil proses

watermarking guna untuk mengetahui tingkat *robust* pada teknik *hybrid image watermarking* dengan teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD.

Nilai deteksi terhadap *attack* untuk teknik *hybrid hybrid image watermarking* DWT-SVD dan RDWT-SVD menghasilkan nilai yang cukup memuaskan yaitu sebesar 94% untuk kedua metode. Sedangkan nilai rata-rata keberhasilan ekstraksi dari *attacked image* menghasilkan tingkat keberhasilan 81% untuk teknik DWT-SVD dan 82% untuk teknik RDWT-SVD. Kedua metode atau teknik menghasilkan nilai deteksi dan ekstraksi dari *attacked image* yang lebih tinggi dari metode-metode sebelumnya yang menggunakan aplikasi *checkmark* untuk menghasilkan *attack* secara otomatis.

Karakteristik Kedua teknik *hybrid image watermarking* DWT-SVD dan RDWT-SVD cukup *robust*, tapi pada teknik RDWT-SVD tingkat ekstraksi dari *attacked image* sedikit lebih baik karena menghasilkan nilai sebesar 82% dibandingkan dengan teknik DWT-SVD yang menghasilkan nilai ekstraksi 81%.

Metode atau teknik RDWT-SVD lebih *robust* dibandingkan dengan teknik DWT-SVD. Hal ini disebabkan karenanya redudansi pada teknik RDWT-SVD sehingga posisi *watermark* pada file host tidak mengalami pergeseran akibat berbagai iterasi selama proses *downsampling*. Dengan tidak adanya pergeseran tersebut menjadikan teknik RDWT-SVD lebih *robust*.

Tabel 2.2 Perbandingan Hasil watermarking dengan berbagai metode

No	Metode Watermarking	Presentase Keberhasilan Ekstraksi	Rata-Rata Deteksi
1	Wong	61 %	74 %
2	Cox	67 %	90 %
3	Xia	67 %	84 %
4	Kim	38 %	48 %
5	DWT-SVD	81 %	94 %
6	RDWT-SVD	82 %	94 %

Dengan karakteristik *robust* yang cukup tinggi maka *hybrid image watermarking* RDWT-SVD sangat baik digunakan untuk proteksi pada citra digital. Sehingga lebih tahan terhadap upaya menghilangkan watermark yang merupakan identitas kepemilikan citra yang sah dari citra digital tersebut.

2.7 Kesimpulan

Dari penelitian komparasi metode *hybrid image watermarking* DWT-SVD dengan RDWT-SVD untuk proteksi pada citra digital dapat disimpulkan :

1. Pada teknik hybrid image watermarking dengan teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD jenis wavelet tidak berpengaruh terhadap hasil proses watermarking atau *imperceptibility*;

2. Faktor embeddeb (alpha) sangat mempengaruhi kualitas *hybrid image watermarking* dengan menggunakan teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD. Semakin kecil nilai factor embedded maka akan semakin baik kualitas watermarking yang dihasilkan;
3. Hybrid image watermarking teknik DWT-SVD dan RDWT-SVD memiliki nilai imperceptibility yang sama tinggi karena sudah diatas nilai standar yaitu untuk PSNR diatas 35dB dan untuk Corr diatas 0.8. Tetapi pada hybrid image watermarking dengan teknik RDWT-SVD nilai PSNR sedikit lebih baik, hal ini menandakan bahwa hybrid image watermarking dengan teknik RDWT-SVD lebih imperceptibility dibandingkan dengan teknik DWT-SVD, walaupun perbedaannya antara kedua teknik tersebut tidak terlalu jauh. Sehingga teknik Hybrid image watermarking dengan teknik RDWT-SVD sangat baik digunakan untuk proteksi pada citra digital yang lebih memperhatikan kualitas secara perseptual.
4. Pada metode atau teknik hybrid image watermarking DWT-SVD dan RDWT-SVD menghasilkan nilai deteksi dan ekstraksi dari attacked image yang lebih tinggi dari metode-metode sebelumnya yang menggunakan aplikasi checkmark untuk menghasilkan attack. Karakteristik Kedua teknik hybrid image watermarking DWT-SVD dan RDWT-SVD cukup robust, tapi pada teknik RDWT-SVD tingkat ekstraksi dari attacked image sedikit lebih baik karena menghasilkan nilai sebesar dibandingkan dengan teknik DWT-SVD. Metode atau teknik RDWT-SVD lebih sedikit robust dibandingkan dengan teknik DWT-SVD. Dengan karakteristik robust yang cukup tinggi maka hybrid image watermarking RDWT-SVD sangat baik digunakan untuk proteksi pada citra digital yang tetap menjaga autentifikasi kempeilikan citra, sehingga lebih tahan terhadap upaya manipulasi dan menghilangkan watermark yang merupakan identitas kepemilikan sah dari citra dari citra digital tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Y. Hidayat and E. D. Udayanti, "HYBRID WATERMARKING CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN TEKNIK DWT-DCT DAN SVD," *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, vol. 1, 2011.
- [2] Y. Abate, "Digital Image Watermaking with Matlab," Addis Ababa University, Euthopia, 2005.
- [3] S. Gupta, "A Robust Algorithm of Digital Image Watermarking Based on Discrete Wavelet Transform," *IJCCT*, vol. 1, no. 2, pp. 222–227, 2010.
- [4] M. Habib, S. Sarhan, and L. Rajab, "A Robust-Fragile Dual Watermarking System in the DCT Domain," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp. 548–553, 2005.
- [5] B. C. Mohan and S. S. Kumar, "Robust Multiple Image Watermarking Scheme using Discrete Cosine Transform with Multiple Descriptions," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, vol. 1, pp. 527–532, 2009.
- [6] P. Kumar Dha and J. Myon Kim, "Digital Watermarking Scheme Based on Fast Fourier Transformation for Audio Copyright Protection,"

- International Journal of Security and Its Applications*, vol. 5, no. Kumar Dha, pp. 34–48, 2011.
- [7] S. M. R. Haque, "Singular Value Decomposition and Discrete Cosine Transform," School of Engineering Blekinge Institute of Technology Sweden, Sweden, 2008.
- [8] I. Raheem and G. Sulong, "Wavelet Fractal Image Watermarking System (WFIWS)," *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, vol. 10, no. 6, pp. 102–109, 2013.
- [9] Y. Prayudi, "Metode Watermarking Ganda Sebagai Teknik Pengaman Pada Citra Digital," Program Studi Teknik Informatika Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya Indonesia, 2002.
- [10] V. . M. Viswanatham, "A Hibrid Digital Watermarking Algorithm for color images based on DWT-DCT," *Anale Serial Informatica VIT University, School of Computing Science and Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 27–33, 2012.
- [11] S. Sirmour and A. Tiwari, "A Hybrid DWT-SVD Based Digital Image Watermarking Algorithm for Copyright Protection," *International Journal of P2P Network Trends and Technology (IJPTT)*, vol. 6, pp. 7–10, 2014.
- [12] S. Padhiary, "Digital Watermarking Based on Redundant Discrete Wavelet and Singular Value Decomposition," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 431–434, 2013.
- [13] S. Lagzian, M. Soryani, and F. Fathy, "Robust watermarking scheme based on RDWT-SVD: Embedding Data in All subbands," *IEEE*, vol. 1, pp. 48–52, 2011.
- [14] S. M. R. Haque, "Singular Value Decomposition and Discrete Cosine Transform," School of Engineering Blekinge Institute of Technology Sweden, Sweden, 2008.
- [15] M. Kutter and F. A. P. Petitcola, "A fair benchmark for image watermarking systems," *Security and Watermarking of Multimedia Contents The International Society for Optical Engineering The Computer Laboratory, University of Cambridge*, vol. 3657, pp. 1–14, 1999.

Biodata Penulis

Munawir Ansari, memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro (ST), Jurusan Teknik Elektro Telekomunikasi Unissula Semarang, lulus tahun 2007. Sedang menempuh pendidikan Magister Teknik Informatika di Universitas Islam Indonesia. Saat ini menjadi staf pengajar di SMKN 1 Maluku Kabupaten Sumbawa Barat.

Yudi Prayudi, memperoleh gelar S.Si tahun 1993 dari Universitas Gajah Mada (UGM). Kemudian tahun 2001 memperoleh gelar M.Kom dari Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Saat ini sebagai Staf Pengajar Program Studi Teknik Informatika dan Magister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

