

Aplikasi Perlindungan HAKI pada Citra Digital

Muhammad Innuddin

Dosen STMIK Bumigora Mataram; Jl. Ismail Marzuki Mataram
Inn.stmik@gmail.com

Abstract

Copyright protection is a frequent problem today. One technique that can be used to overcome these problems is watermarking. Watermarking techniques are divided into frequency domains (eg RDWT) and spatial domains (eg SVD). Previous research has been done through the incorporation of watermarking techniques using DWT-SVD with RDWT-SVD. This study is a continuation of previous research through the development of a Two Level Redundant Discrete Wavelet Transform (2D-RDWT) coupling algorithm with Singular Value Decomposition (SVD) as a model for copyright protection against digital imagery. In this algorithm the watermark insertion will be done on the Two Level High Low (HL₂) subband with a predetermined scale factor. With this subband insertion it is expected to increase the resilience and resemblance to the protected image so that when authentication of copyright property on a digital image the embedded watermark can be extracted again.

Keywords: *Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT), Discrete Wavelet Transform (DWT), Singular Value Decomposition (SVD), High Low (HL), Scale Factor*

1. PENDAHULUAN

Watermarking merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam perlindungan hak cipta terhadap konten multimedia, seperti citra digital untuk menanggulangi penyebaran karya seseorang secara ilegal [3]. Kemajuan teknologi internet dan aplikasi manipulasi citra digital dari tahun ke tahun semakin berkembang menjadi salah satu alasan bagi para peneliti untuk terus menemukan algoritma *watermarking* yang mampu beradaptasi dengan kemajuan tersebut.

Seiring perkembangannya, para peneliti sudah banyak menemukan algoritma baru yang mampu melebihi algoritma sebelumnya. *Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT)* merupakan modifikasi dari algoritma DWT dengan menghilangkan proses *down-sampling*, sehingga mengakibatkan *redundant* pada nilai spasialnya [5]. *Singular Value Decomposition (SVD)* merupakan teknik domain spasial yang memodifikasi koefisien yang diperoleh dari

dekomposisi nilai *singular* citra asli dan memiliki stabilitas yang baik [11].

Untuk menghasilkan skema *watermarking* yang memiliki kriteria *imperceptibility* dan *robustness* yang tinggi perlu dilakukan penggabungan algoritma atau sering disebut dengan *hybrid image watermarking*. Tujuan dari *hybrid image watermarking* yaitu untuk menghasilkan skema *watermarking* yang lebih baik.

Hybrid image watermarking pernah dilakukan antara lain *Discrete Wavelet Transform (DWT)- Singular Value Decomposition (SVD)* [12], *Discrete Wavelet Transform (DWT)- Discrete Cosine Transform (DCT)- Singular Value Decomposition (SVD)* [4], *Discrete Cosine Transform (DCT) -Spread Spectrum* [10], *Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT)- Singular Value Decomposition (SVD)* [7], *Two Scale Redundant Discrete Wavelet Transform (2D-RDWT)- Singular Value Decomposition (SVD)* [6].

Dari *hybrid image watermarking* yang sudah ada *hybrid RDWT-SVD* merupakan *hybrid* yang populer pada tahun terakhir ini. *hybrid image watermarking RDWT-SVD* pernah dilakukan oleh beberapa peneliti tetapi penyisipan *watermark* pada *subband* dan *level* dekomposisi berbeda. Penelitian dengan dekomposisi sama pernah dilakukan oleh [1] penyisipan *watermark* pada *subband* LL_2 dan [6] penyisipan *watermark* pada *subband* LH_2 . Menurut [5] penyisipan pada *subband* LH dan HL dapat meningkatkan tingkat *imperceptibility* yang baik karena penyisipan dilakukan pada bagian karikatur sedikit mengandung informasi sehingga tidak mempengaruhi file citra digital yang menampungnya dan hasil ekstrak yang baik. Sehingga pada penelitian ini ingin membuktikan bahwa dengan melakukan penyisipan pada *subband* HL di level 2. Dalam [12] level dekomposisi yang lebih tinggi dapat menghasilkan kriteria *imperceptibility* yang lebih baik.

Tinjauan Pustaka

Penelitian yang pernah dilakukan dan berkaitan dengan *hybrid image watermarking* yang menjadi referensi dalam penulisan penelitian ini, diantaranya: Sebuah komparasi *hybrid image watermarking RDWT-SVD* dengan *DWT-SVD* yang terbaik untuk perlindungan hak cipta pada citra digital. Dalam penelitian ini digunakan parameter penilaian kelayakan yaitu *Peak Signal to Nois Ratio* (PSNR), *Perceptual Quality Matric* (Q) dan *Corr*. Skema yang dirancang yaitu dekomposisi level 2 atau *two-scale 2D RDWT/DWT-SVD* dan *watermark* disisipkan pada *subband* frekuensi rendah yaitu *aproximation* (LL_2). Dari hasil pengujian komparasi *hybrid* ini menunjukkan bahwa *hybrid image watermarking RDWT-SVD* lebih baik dari *DWT-SVD*, karena dapat menghilangkan *nois* dari pergeseran invariant akibat proses *down-sampling* dengan nilai maksimal PSNR pada *RDWT-SVD* yaitu 44.5237 dB [2]. Penelitian selanjutnya pengembangan skema teknik *watermarking*, yaitu *two-scale 2D RDWT-SVD* dengan penyisipan *watermark* pada *subband* frekuensi tinggi yaitu *horizontal detail* (LH_2).

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai maksimal PSNR 49,3148 dB [6].

Pada penelitian ini mengusulkan teknik semi-rapuh *watermarking* dengan skema *one-scale 2D RDWT-SVD* dan *watermark* disisipkan pada frekuensi rendah level 1 (LL). Sebelum *watermark* disisipkan kedalam frekuensi *RDWT* dari *singular SVD* terlebih dahulu dilakukan enkripsi menggunakan *Quantization Index Modulation* (QIM) terhadap *watermark*. Hasil dari skema ini mendapatkan nilai maksimal PSNR 40.5994 dB [7].

Berdasarkan penelitian diatas maka paper ini mengembangkan skema teknik *watermarking* baru, yaitu *two-scale 2D RDWT-SVD* dengan penyisipan *watermark* pada *subband* frekuensi tinggi yaitu *vertical detail* (HL_2), sehingga diperoleh kriteria *imperceptibility* dan *robustness* yang lebih baik.

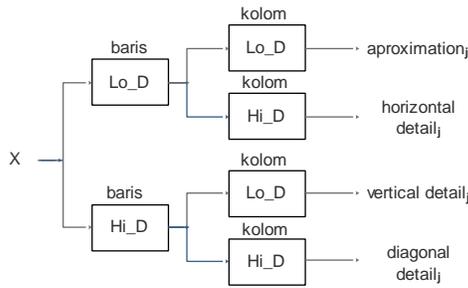
Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah penyisipan dilakukan pada frekuensi tinggi bagian *vertical detail* level 2 merupakan bentuk karikatur dari citra hasil *RDWT* dan sedikit mengandung informasi sehingga tidak mempengaruhi citra penampungnya dan hasil ekstraksi yang baik.

Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT)

Merupakan modifikasi dari algoritma *DWT* dengan menghilangkan proses *down-sampling*, sehingga mengakibatkan *redundant* pada nilai spasial-nya. Karakteristik pergeseran varian *DWT* yang timbul dari penggunaan *down-sampling* menghasilkan *nois* yang dapat mengurangi *imperceptibility* dari citra digital yang sudah disisipi *watermark*, sedangkan *Redundant Discrete Wavelet Transform (RDWT)* adalah pergeseran invarian tetap pada tempatnya, sehingga dapat menghilangkan *nois* dan tetap menjaga *imperceptibility* dan *robustness* terhadap beberapa serangan [5].

RDWT pada dasarnya hampir sama dengan *DWT* citra digital di dekomposisi menjadi 4 *subband*, yaitu LL , LH , HL dan HH . Perbedaannya *RDWT* menghilangkan proses *down-sampling* saat di dekomposisi sehingga menghasilkan dimensi citra yang sama dengan citra asli. Proses

dekomposisi RDWT dapat dilihat pada gambar 1 [9].



Gambar 1. Dekomposisi 2D RDWT

Keterangan:

Lo_D (baris): Konvolusi baris dengan *filter low pass*

Hi_D (baris): Konvolusi baris dengan *filter high pass*

Lo_D (kolom): Konvolusi kolom dengan *filter low pass*

Hi_D (kolom): Konvolusi kolom dengan *filter high pass*

Singular Value Decomposition (SVD)

Merupakan teknik yang didasarkan pada teorema aljabar linier yang mengatakan bahwa persegi panjang matriks A dapat dipecah menjadi tiga matriks, yaitu matriks *ortogonal* U, matriks *diagonal* S dan *transpose* dari matriks V *ortogonal*. Pada dasarnya matriks apapun dapat dibagi menjadi ketiga matriks tersebut. Untuk mendapatkan matriks SVD dihitung menggunakan persamaan [11]:

$$A = U_{mm} S_{mn} V_{nn}^T \quad (1)$$

Pada penelitian ini implementasi *hybrid image watermarking* RDWT-SVD menggunakan pemrograman matlab R2013b dan menggunakan citra *grayscale* dengan parameter pengukur menggunakan *Peak Signal to Nois Ratio* (PSNR), *Perceptual Quality Matric* (Q) dan *Corr*. Untuk menghitung nilai PSNR menggunakan persamaan;

$$PSNR = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2)$$

Untuk menghitung nilai Q menggunakan persamaan;

$$Q = \frac{5}{1 + N \times E} \quad (3)$$

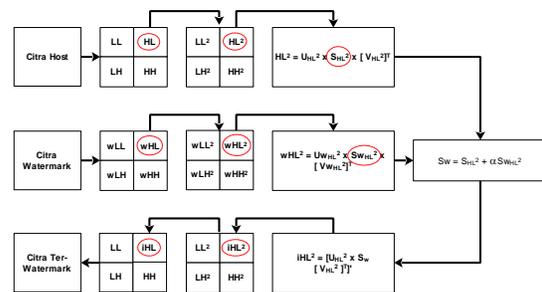
Untuk mengetahui nilai Corr menggunakan persamaan;

$$\text{Corr} = \frac{\sum (a - \bar{a})(b - \bar{b})}{\sqrt{\sum (a - \bar{a})^2} \sqrt{\sum (b - \bar{b})^2}} \quad (4)$$

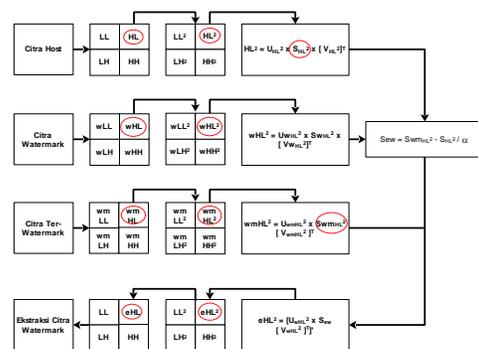
Pada pengujian *hybrid image watermarking* peneliti menggunakan citra *host*, yaitu Brick wall, Brodat's – Brick wall, Brodat's – Bark, San diego (Point Loma), North Island NAS, San diego (Shelter Island), F1, Girl (Tiffany), Splash, Motion01, Motion02, Motion03 dan citra *watermark* menggunakan Earth from space.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini implementasi *hybrid image watermarking two-scale 2D RDWT-SVD* pada *subband* HL₂ untuk perlindungan hak cipta dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Proses *embedding watermark* RDWT-SVD



Gambar 3. Proses ekstraksi *watermark* RDWT-SVD

Penjelasan proses penyisipan atau *embedding watermark* pada citra *host* menggunakan *hybrid image watermarking RDWT-SVD* sebagai berikut.

1. Menentukan citra digital yang akan dijadikan citra *host* atau *cover image* dan citra *watermark*;
2. Dekomposisi level 1 pada citra *host* dan *watermark* menggunakan algoritma RDWT, sehingga didapat 4 *subband*, yaitu LL_1 , LH_1 , HL_1 dan HH_1 ;
3. Dekomposisi level 2 pada *subband* HL_1 baik untuk citra *host* maupun *watermark*, sehingga didapatkan LL_2 , LH_2 , HL_2 dan HH_2 ;
4. Terapkan algoritma SVD pada *subband* HL_2 di citra *host* dengan persamaan;

$$HL_2 = U_{HL_2} S_{HL_2} V_{HL_2}^T$$
5. Terapkan algoritma SVD pada *subband* HL_2 di citra *watermark* dengan persamaan;

$$HL_2 = U_{HL_2} S_{HL_2} V_{HL_2}^T$$
6. Sisipkan *watermark* kedalam citra *host* dengan algoritma penyisipan sebagai berikut;

$$S_W = S_{HL_2} + \alpha S_{W_{HL_2}}$$
7. Lakukan *invers* SVD pada *watermarked* dengan modifikasi nilai *singular*;
8. Lakukan *invers* RDWT untuk merekonstruksi *watermarked image* menjadi gambar.

Penjelasan proses ekstraksi *watermark* dari citra *host* menggunakan *hybrid image watermarking RDWT-SVD* sebagai berikut.

1. Pilih citra *watermarked* yang ingin di ekstraksi;
2. Pilih citra *host* dan *watermark* sebelumnya pernah digunakan sesuai citra dengan *watermarked*;
3. Dekomposisi level 1 pada citra *watermarked*, *host* dan *watermark* menggunakan algoritma RDWT, sehingga didapat 4 *subband*, yaitu LL_1 , LH_1 , HL_1 dan HH_1 ;
4. Dekomposisi level 2 pada *subband* HL_1 baik untuk citra *watermarked*, *host* dan *watermark*, sehingga didapatkan LL_2 , LH_2 , HL_2 dan HH_2 ;
5. Terapkan algoritma SVD pada *subband* HL_2 di citra *host* dengan persamaan;

$$HL_2 = U_{HL_2} S_{HL_2} V_{HL_2}^T$$
6. Terapkan algoritma SVD pada *subband* HL_2 di citra *watermarked* dengan persamaan;

$$mHL_2 = U_{mHL_2} S_{mHL_2} V_{mHL_2}^T$$

7. Terapkan algoritma SVD pada *subband* HL_2 di citra *watermark* dengan persamaan;

$$HL_2 = U_{HL_2} S_{HL_2} V_{HL_2}^T$$
8. Ekstrak *watermark* dari citra *watermarked* menggunakan algoritma ekstraksi sebagai berikut;

$$S_{ew} = S_{mHL_2} - S_{HL_2} / \alpha$$
9. Lakukan *invers* SVD dengan modifikasi nilai *singular* untuk memperoleh koefisien frekuensi tinggi dari *watermark*;
10. Lakukan *invers* RDWT untuk merekonstruksi citra *watermark*.

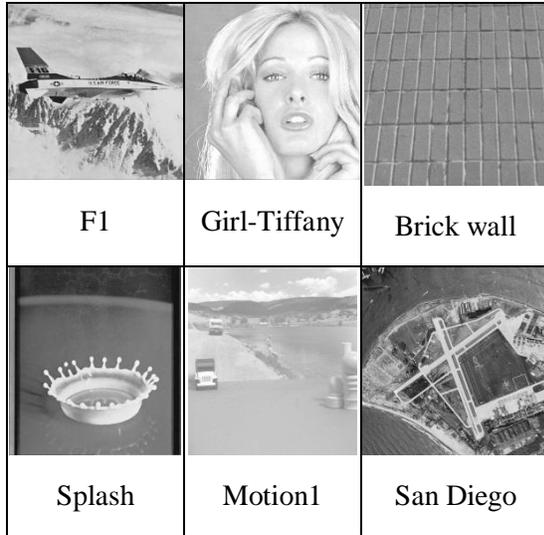
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tingkat *imperceptibility* RDWT-SVD

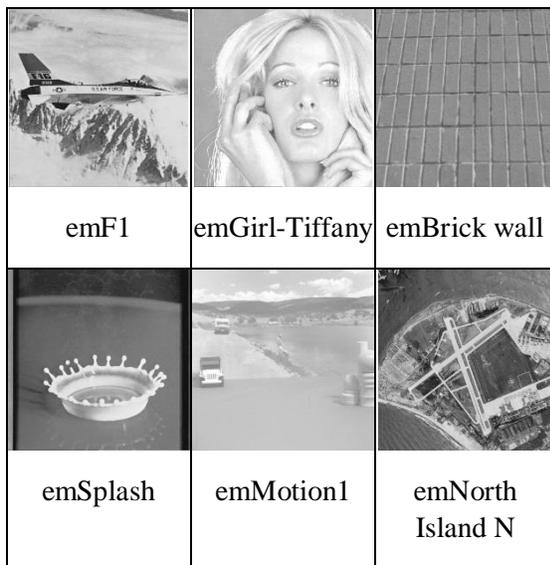
Pada pengujian tingkat *imperceptibility* peneliti menggunakan nilai *alpha* atau skala faktor sebesar 0,1, karena berdasarkan hasil pengujian bahwa nilai *alpha* dari 0,1 sampai 0,9, nilai 0,1 memiliki tingkat *imperceptibility* yang tinggi dan *wavelet haar*. Untuk mengetahui tingkat *imperceptibility* dari *hybrid image watermarking RDWT-SVD* dapat dilakukan dengan mengukur parameter seperti PSNR, Q dan corr.

Tabel 1. Nilai parameter *imperceptibility* RDWT-SVD

Karakteristik	Image Grayscale	RDWT-SVD		
		PSNR	Corr	Q
Textures	Beck wall	48,4458	0,9980	4,9848
	Beaudin-Beck wall	39,9411	0,9980	4,9786
	Beaudin-Beck	38,6922	0,9980	4,9937
Aerials	San diego-Point Lo	47,3476	0,9984	4,9822
	North Island NAS	43,1796	0,9993	4,9872
	San diego-Shelter Is	43,2858	0,9976	4,9847
Miscellaneous	F1	46,4060	0,9997	4,9887
	Gel (Tiffany)	46,3077	0,9992	4,9856
	Splash	49,36	0,9998	4,9874
Sequences	Motion01	45,8390	0,9982	4,9693
	Motion02	45,5540	0,9981	4,9692
	Motion03	45,4679	0,9982	4,9696



Gambar 4 Citra asli (sebelum disisipi watermark)



Gambar 5 Citra Watermarked (setelah disisipi watermark)

Menurut [8] satandar untuk parameter *imperceptibility* pada *watermarking* untuk citra digital diupayakan menghasilkan nilai PSNR diatas 35dB, rating quality citra (Q) minimal 4 (*good*) dan *corelation (corr)* 0,8 (skala 0-1). Berdasarkan data pada tabel1 pengujian tingkat *imperceptibility* menggunakan 3 parameter mendeskripsikan bahwa penggabungan algoritma RDWT-SVD dengan penyisipan pada *subband* HL₂ sangat baik dalam meningkatkan

imperceptibility pada citra digital, karena dapat memenuhi standar nilai yang ditentukan.

Subband HL₂ merupakan bagian karikatur dari hasil dekomposisi RDWT level 2 yang mengandung sedikit informasi, sehingga ketika penyisipan *watermark* dilakukan pada *subband* ini dapat meningkatkan tingkat *imperceptibility* yang baik dan dapat mengekstrak kembali *watermark* yang disisipkan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya *hybrid image watermarking two-scale* RDWT-SVD pernah dilakukan oleh [2] dalam penelitiannya menerapkan *two-scale* RDWT-SVD dengan penyisipan pada *subband* LL₂ merupakan bagian konsentrasi citra yang menyerupai citra aslinya, karena mirip dengan citra aslinya maka informasi yang dimilikipun banyak, sehingga ketika penyisipan dilakukan pada *subband* ini dapat mempengaruhi tingkat *imperceptibility* dari hasil *watermarking*. Sementara [6] pada penelitiannya menerapkan *two-scalae* RDWT-SVD dengan penyisipan *watermark* pada *subband* LH₂ yang merupakan bagian karikatur tingkat rendah dari hasil dekomposisi RDWT dan mendapatkan hasil yang lebih *robust* dan memiliki tingkat *imperceptibility* yang baik.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel2 yaitu tabel perbandingan tingkat *imperceptibility* berdasarkan nilai PSNR (dB) dari *hybrid image watermarking two-scale* RDWT-SVD penyisipan pada *subband* LL₂ [2] dan *subband* LH₂ [6] dengan skema usulan.

Tabel 2. Perbandingan *imperceptibility* (dB)

Nama gambar	Skema Usulan	Anasri dan Prayudi [2]	Inuuddin, Sugiantoro dan Prayudi [12]
Brick wall	48,4458	-	48,4622
Bredate-Brick wall	39,9411	-	39,9436
Bredate-Bark	38,6922	-	38,6931
San diego-Point Lo	47,3476	-	47,3514
North Island NAS	43,1796	-	43,1827
San diego-Shelter la	43,2858	-	43,2938
F1	46,4060	-	46,3787
Girl (Tiffany)	46,3077	-	46,3109
Splash	49,36	-	49,3148
motion01	45,8390	44,5237	45,8573
motion02	45,5540	44,4264	45,6
motion03	45,4679	44,3784	45,5027

Berdasarkan data pada tabel2 skema algoritma yang di usulkan mendapatkan nilai PSNR tertinggi pada citra Splash sebesar 49,36 dB, [2] mendapatkan nilai PSNR tertinggi 44,5237 dB, dan [6] mendapatkan nilai PSNR tertinggi pada citra Splash sebesar 49,3148 dB. Membuktikan bahwa penyisipan pada *subband* HL₂ lebih *imperceptibility* dibandingkan dengan penyisipan di LL₂ dan LH₂ tetapi penyisipan pada *subband* LH₂ lebih stabil dibandingkan dengan HL₂. Pada tabel2 menunjukkan bahwa HL₂ lebih lebih *imperceptibility* dari LH₂ pada citra berkarakter **Miscellaneous** saja sementara pada karakter yang lainnya HL₂ mendapatkan PSNR yang lebih rendah dari LH₂.

Pengujian tingkat *robustness* RDWT-SVD

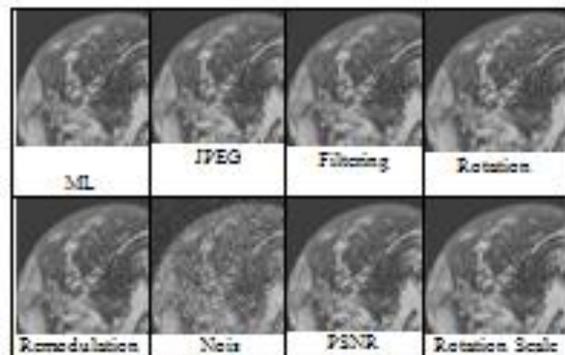
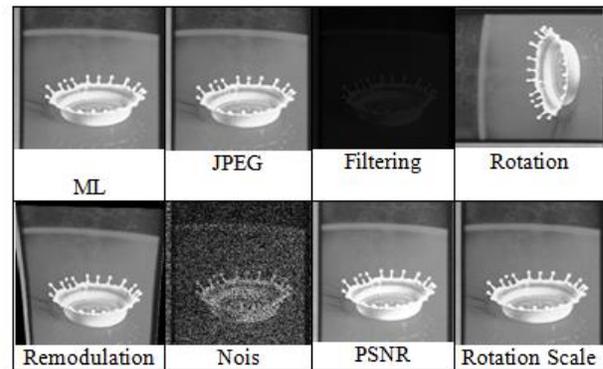
Tingkat ketahanan atau *robust* pada algoritma 2D RDWT-SVD pada subband HL2 dapat di uji dengan memberikan berbagai macam serangan terhadap citra hasil *watermarking* atau citra *watermarked* kemudian melakukan ekstraksi *watermark* dari citra *watermarked* yang sudah diberikan serangan dan hasil ekstraksi *watermark* akan di ukur menggunakan parameter corr untuk mengetahui tingkat korelasi citra *watermark* hasil ekstraksi dengan citra *watermark* asli. Menurut [8] metode *watermarking* akan dikatakan *robust* apabila mampu menghasilkan nilai corr diatas 0,8.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan progam *automatic attack* yaitu stirmark versi 4.0 sebagai pemberi serangan terhadap citra hasil *watermarking*. Sampel pengujian untuk citra *host* yaitu *image 1* (Brick wall), *image 2* (San diego-Poin Loma) dan *image 3* (Splash) sedangkan untuk citra *watermark* menggunakan Earth from space. Hasil pengujian tingkat *robust* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai *corr* parameter *robustness* RDWT-SVD

N o	Kelompok Attack	Image 1	Image 2	Image 3
1	Filtering	0,9870	0,9870	0,9647
2	JPEG	0,9988	0,9986	0,9985
3	Remodulation	0,9810	0,9788	0,9712
4	ML	0,9969	0,9919	0,9829
5	PSNR	0,9988	0,9991	0,9988
6	Rotation	0,9647	0,9643	0,9924
7	Nois	0,4077	0,3957	0,4401
8	Rotation Scala	0,9978	0,9980	0,9752

Gambar 6 Sampel Hasil *Attack Image*



Gambar 7 Sampel Hasil Ekstraksi *Watermark Attack Image*

Berdasarkan data pada tabel3 menghasilkan nilai corr yang tinggi dengan rata-rata nilai diatas 0,99 menandakan bahwa skema yang di usulkan dalam penelitian memiliki ketahanan yang baik, karena mampu mendeteksi atau mengekstrak citra watermark dengan nilai corr tinggi, tetapi terdapat 1 kelompok serangan yang nilai corr-nya dibawah standar yaitu serangan *nois* menandakan bahwa skema watermarking yang diusulkan lemah terhadap serangan *nois*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat dilakukan perbandingan untuk mengetahui tingkat *robust*-nya. Pada perbandingan *robust* ini peneliti mengambil sampel serangan jpeg dan *nois*. Perbandingan tingkat *robust* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan *robustness* (corr)

Nama gambar	Skema penelitian		Ansari dan Prayudi [2]	Innuddin, Sugiantoro dan Prayudi [12]	
	Jpeg	Nois		Jpeg	Nois
motion01	0,9990	-	0,9847	0,9990	-
Brodats	0,9991	-	0,9925	0,9988	-
Brick wall	0,9988	0,4077	-	0,9987	0,3968
San diego-Poin Loma)	0,9986	0,3957	-	0,9985	0,3841
Splash	0,9985	0,4401	-	0,9991	0,4302

Berdasarkan data perbandingan pada tabel4 membuktikan bahwa penyisipan pada *subband* HL₂ lebih *robust* dibandingkan *subband* LL₂ dan LH₂ baik dari segi serangan jpeg dan *nois*.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian “Hybrid Image Watermarking RDWT dengan SVD pada HL₂ untuk Perlindungan Hak Cipta pada Citra Digital” dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada penerapan algoritma 2D RDWT dengan SVD nilai alpha atau faktor skala dapat mempengaruhi tingkat *imperceptibility* terhadap citra *watermarked*, karena nilai alpha menunjukkan tingkat ketampakan (*visible*) watermark pada *cover image*. Semakin rendah nilai alpha maka tingkat ketampakan watermark semakin berkurang dan tingkat

imperceptibility semakin tinggi. Dari pengujian yang dilakukan ditemukan nilai *alpha* terbaik yaitu nilai *alpha* 0.1, karena mendapatkan nilai PSNR, Q dan Corr tertinggi.

2. Berdasarkan pengujian tingkat *imperceptibility* skema algoritma 2D RDWT dengan SVD dengan penyisipan pada *subband* HL₂ menghasilkan tingkat *imperceptibility* yang baik karna dapat memenuhi parameter yang sudah ditentukan dengan nilai PSNR tertinggi 49,34 dB, Q sebesar 4,9937 mendekati nilai 5 (*excellent*) dan corr sebesar 0,9998 mendekati nilai 1 yaitu sempurna.
3. Dari hasil pengujian tingkat *robustness* skema algoritma 2D RDWT dengan SVD memiliki nilai tingkat deteksi watermark yang sangat tinggi yaitu *image1* sebesar 0,9988, *image2* sebesar 0,9991 dan *image3* 0,9988 menandakan bahwa penyisipan pada HL₂ *robust* terhadap serangan selama tidak direkayasa menggunakan *nois*.
4. Berdasarkan data perbandingan tingkat *imperceptibility* dan *robustness* skema algoritma 2D RDWT dengan SVD penyisipan pada *subband* HL₂ lebih baik dari penyisipan di *subband* LL₂ dan LH₂

5. SARAN

Perlindungan hak cipta menjadi isu yang paling sering muncul jadi permasalahan karna perubahan masa, sehingga penelitian berikutnya diharapkan dapat menemukan metode watermarking dengan karakteristik *imperceptibility* dan *robustness* yang lebih tinggi dengan menggabungkan beberapa algoritma.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansari, M. (2015). Komparasi Metode Hybrid Image Watermarking DWT-SVD dengan RDWT-SVD Untuk Proteksi dan Perlindungan Hak Cipta Pada Citra Digital (Master Theses).Program Studi Teknik Informatika Program Pascasarjana Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

- [2] Ansari, M., & Prayudi, Y. (2014). Komparasi Metode Hybrid Image Watermarking DWT-SVD dengan RDWT-SVD Untuk Proteksi dan Perlindungan Hak Cipta Pada Citra Digital. *Cybermatika ITB*, 2(2), 23–29. Retrieved from <http://cybermatika.stei.itb.ac.id/ojs/index.php/cybermatika/article/view/65>
- [3] Ariyus, D. (2009). Keamanan Multimedia : Pengenalan Konsep Multimedia, Keamanan Multimedia, Cryptography, Steganography dan Watermarking. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- [4] Hidayat, E. Y., & Udayanti, E. D. (2011). Hybrid Watermarking Citra Digital Menggunakan Teknik DWT-DCT dan SVD. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (Semantik).
- [5] Hien, T. D., Nakao, Z., & Chen, Y. W. (2005). RDWT / ICA for Image Authentication, 805–810.
- [6] Innuddin, M., Sugiantoro, B., & Prayutdi, Y. (2016) Hybrid Image Watermarking Rdwt Dengan Svd Untuk Perlindungan Hak Cipta Pada Citra Digital. *Jurnal Ilmiah DASI STMIK Amikom Yogyakarta*. Retrieved from <http://ojs.amikom.ac.id/index.php/dasi/article/view/1561/1439>
- [7] Kourkchi, H., & Ghaemmaghami, S. (2008). Image adaptive semi-fragile watermarking scheme based on RDWT-SVD. *2008 International Conference on Innovations in Information Technology, IIT 2008*, 130–134. <http://doi.org/10.1109/INNOVATIONS.2008.4781744>
- [8] Kutter, M., & Petitcola, F. A. P. (1999). 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*, 3657, 1–14
- [9] Mathworks, C. (2016). MATLAB Documentation. Retrieved from <http://www.mathworks.com/help/matlab>
- [10] Prayudi, Y. (2002). *Metode Watermarking Ganda Sebagai Teknik Pengaman Pada Citra Digital* (Master Theses). Program Studi Teknik Informatik Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [11] S. M. R. Haque, “Singular Value Decomposition and Discrete Cosine Transform,” School of Engineering Blekinge Institute of Technology Sweden, Sweden, 2008
- [12] Seema, & Sharma, S. (2012). DWT-SVD Based Efficient Image Watermarking Algorithm to Achieve High Robustness and Perceptual Quality, 2(4), 2–5.