

WATERMARKING MEDICAL IMAGE MENGGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM BERBASIS KOMPRESI RUN LENGTH ENCODE

Abdussalam¹, Elkaf Rahmawan Pramudya²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
e-mail: ¹grey.salam@dsn.dinus.ac.id, ²elkaf.rahmawan@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Teknologi internet yang terus berkembang menimbulkan banyak dampak terhadap media digital yang berupa teks, citra, audio dan video. Salah satu dampaknya adalah kemudahan dalam pertukaran, pendistribusian dan penggandaan data digital, di sisi lain kemudahan ini juga menimbulkan permasalahan ketika data digital itu terlindungi oleh hak cipta atau data digital itu bersifat rahasia. Watermarking menjadi salah satu solusi untuk masalah perlindungan hak cipta data digital. Penelitian tentang watermarking telah banyak dilakukan sebelumnya salah satunya adalah DWT. Dari beberapa Penelitian yang telah dilakukan ditemukan adanya kelemahan pada proses penyisipan pesan yaitu waktu untuk proses penyisipan citra watermark yang relative lama apalagi untuk citra dengan size yang besar. Adanya permasalahan mengenai waktu penyisipan pesan yang relatif lama maka perlu untuk melanjutkan penelitian mengenai watermarking untuk mencoba menerapkan proses kompresi pada citra asli sebelum dilakukan proses penyisipan citra watermark. Citra asli yang akan disisipi citra watermark akan dikompres menggunakan algoritma Run Length Encoding. Hasil dari kompresi RLE menunjukkan size file image menjadi besar dikarenakan dataset citra yang digunakan memiliki nilai intensitas yang beragam. Hasil dari watermarking yang didapatkan citra terwatermarked dengan preprosesing kompresi RLE memiliki imperceptibility di atas 30dB.

Kata Kunci: Kompresi, Watermarking, RLE, DWT

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi memberikan keuntungan yang bermanfaat dalam berbagai bidang seperti dalam bidang kedokteran, bidang pendidikan, bidang ekonomi dan bisnis dan bidang lainnya. Fasilitas citra medis merupakan salah satu pemanfaatan teknologi dalam bidang kedokteran. Citra medis merupakan data yang penting karena digunakan untuk perencanaan medis dan untuk perencanaan pengobatan kepada pasien. Data citra medis dapat berupa magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound (US), computed tomography (CT), X-ray, electrocardiography (ECG) dan lain sebagainya [1], [2]. Setiap pasien memiliki data citra medis yang unik maka identifikasi pada citra medis sangat diperlukan. Identifikasi citra medis dapat mempermudah untuk mencari pemilik data citra medis yang sebenarnya dengan efisien. Salah satu pendekatan solusi untuk identifikasi data citra medis adalah watermarking, definisi dari watermarking yaitu teknik menyembunyikan data ke dalam konten multimedia seperti gambar, video atau audio dimana citra terwatermarked dapat diekstrak. Pada penelitian lainnya digital watermarking digunakan untuk meningkatkan keamanan citra medis, kerahasiaan dan integritas [3]–[6]. Dilihat dari data yang berupa citra maka dapat diprediksi kebutuhan memori data lebih besar jika dibandingkan dengan data berupa teks, umumnya gambar disimpan dengan format joint photographic expert group (JPEG) atau bitmap (BMP) format. Kebutuhan memori data dengan file size gambar adalah berbanding lurus, semakin besar file size gambar maka semakin besar pula kebutuhan memori data.

Kompresi gambar mengurangi ukuran bytes file grafis tanpa mengurangi kualitas gambar ke tingkat yang terdeteksi human visual system, pengurangan dalam ukuran file gambar dapat memungkinkan lebih banyak gambar dapat tersimpan di ruang memori [7]. Dalam [8], peneliti fokus pada watermarking citra medical ultrasound (US) dimana citra watermark dikompres dengan teknik lossless compression, citra watermark terkompres mengalami penurunan size file tanpa kehilangan data. Persepsi citra degradasi secara langsung mempengaruhi diagnosis medis, untuk menjaga persepsi citra dan standar kualitas diagnosis selama proses watermarking maka teknik kompresi yang dipilih adalah teknik lossless [9]. Watermarking [10] adalah sebuah proses menyembunyikan sedikit informasi ke dalam konten multimedia seperti gambar, suara dan video yang tidak terdeteksi human visual system (HVS) namun mudah dideteksi oleh komputer.

Sebelum pengembangan watermarking citra digital sulit sekali mencapai tujuan berikut ini mendapatkan perlindungan hak cipta, otentikasi, identifikasi konten dan bukti kepemilikan. Tetapi saat ini mudah untuk melakukan tujuan tersebut dengan menggunakan teknik watermarking, jadi watermarking sangat penting untuk tujuan tersebut. Maka dalam penelitian ini fokus pada identifikasi citra medis dengan mengusulkan teknik watermarking transformasi DWT, karena dalam [3], [4], [11]–[14] hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa kualitas citra terwatermarked baik dalam hal imperceptibility. Dan untuk mengurangi kebutuhan memori data

diterapkan kompresi pada citra host, dimana teknik kompresi yang dipilih adalah lossless sehingga citra host terkompres mengalami penurunan file size yang tetap menjaga keutuhan data, untuk menjaga persepsi citra degradasi dan standar kualitas diagnosis selama proses watermarking.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Run Length Encoding (RLE)

Run Length Encoding (RLE) adalah salah satu metode *loseless compression*, metode ini dilakukan dengan menyatakan seluruh baris citra menjadi sebuah baris *run*, lalu menghitung *run-length* untuk setiap derajat keabuan yang berurutan [9]. Kompresi RLE efektif apabila terdapat perulangan nilai intensitas yang sama yang muncul berturut-turut dan lebih efektif lagi ketika jumlah variasi nilai intensitas dalam jumlah kecil [15]. Untuk lebih memahami konsep pemampatan ukuran file di bawah ini dijelaskan contoh perhitungannya :

1. Citra ditampilkan dalam bentuk matriks piksel

3	3	3	6	6	6	6	6	6	6
1	1	1	1	4	4	4	4	6	6
2	2	2	2	2	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
7	7	7	7	7	7	4	4	4	4
1	1	1	1	3	3	5	5	5	5
1	1	1	1	1	4	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
0	0	0	0	0	6	6	6	6	6

Gambar 1. Data Citra Dalam Bentuk Matriks 2D

2. Pemampatan metode RLE dengan cara menghitung *run-length* untuk setiap derajat keabuan yang berurutan secara *vertical* (per kolom). Hasilnya dituliskan dalam bentuk matriks 1D seperti pada Gambar 2.

3 3 6 7 1 4 4 4 6 2 2 5 5 5 4 6 5 4 7 6 4 4 1 4 3 2 5 4 1 5 4 1 2 4 1 8 2 2 4 7 1 3 0 5 6 5

Gambar 2. Hasil Kompresi RLE Dalam Bentuk Matriks 1D

Berdasarkan Gambar 2, kemudian dapat dihitung besar pemampatannya, antara lain :

Jumlah piksel = 46 piksel

Ukuran citra sebelum dikompres = 10 x 10 x 3bit = 300 bit

Ukuran citra setelah dikompres = 46 x 3 bit = 138 bit

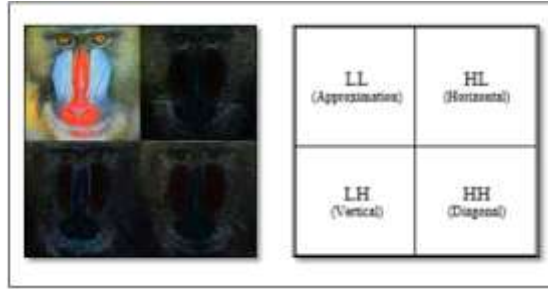
Rasio kompresi (CR) = 300/138 = 2.174

Redudansi data relatif (Rd) = 1-1/CR = 1-1/2.174 = 54%

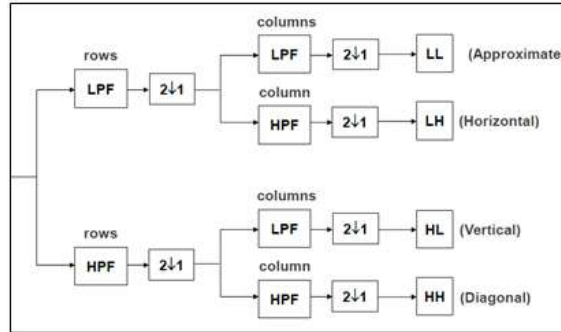
sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa 54% dari ukuran file telah berhasil dimampatkan.

2.2 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Pada pengolahan citra *2-Dimensional discrete wavelet transform* (2D-DWT) [4], [12], [14], [16], [17] membagi gambar menjadi 4 sub-bands : LL,HL, LH,HH. Pada LL merepresentasikan nilai frekuensi yang rendah yang disebut *approximate of image*, LH dan HL adalah nilai frekuensi *intermediate*, HH adalah nilai frekuensi tinggi sesuai pada Gambar 3. Transformasi *wavelet* dapat memberikan informasi waktu dan frekuensi secara bersamaan sehingga memberikan representasi waktu-frekuensi dari sinyal. *Haar Wavelet Transform* (HWT) [4] adalah sebuah transformasi yang efektif membuat sinyal dengan struktur multiresolusi. Sinyal input akan didekomposisi menjadi beberapa komponen sinyal, setiap komponen dibagi menjadi subband dengan lokalisasi waktu dan frekuensi yang berbeda, hal ini akan mempermudah dalam meningkatkan resolusi keduanya baik citra asli dan citra terwatermark. DWT 2D dilakukan dengan cara melakukan filtering dengan *filter wavelet* secara *horizontal* (baris) kemudian diikuti filtering secara *vertical* (kolom). Jenis *filter wavelet* yang digunakan berupa *Low pass filter* (LPF) dan *High pass filter* (HPF). Hasil dari filtering *wavelet* akan menghasilkan empat subbands yang berisi nilai koefisien-koefisien *wavelet*.



Gambar 3. DWT Level-1

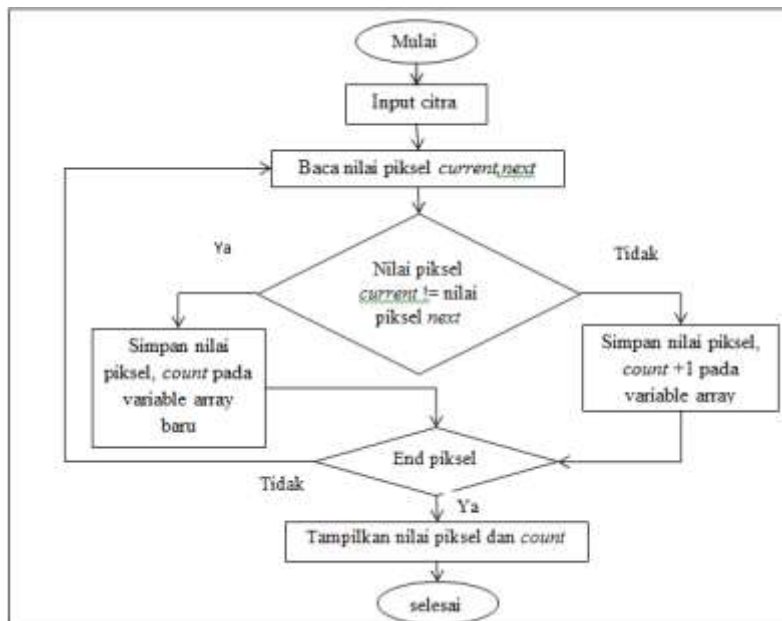


Gambar 4. Diagram proses filter pada DWT

2.3 Kompresi pada Teknik Watermarking

Citra *host* akan dikompresi dengan metode *Run Length Encoding* dan metode *watermarking* pada citra *host* terkompres yaitu DWT seperti pada Gambar 5. Untuk mengimplementasikan kompresi RLE digunakan citra medis dengan format *.PNG yang dapat diakses di <https://openi.nlm.nih.gov/>, preprocessing citra medis yaitu resize citra medis menjadi 512x512 px dan konversi citra ke skala keabuan, hasil kompresi citra medis disimpan dengan format *.TIF. Dan untuk proses *watermarking* citra *host* yang digunakan adalah citra medis hasil kompresi dengan format *.TIF dengan preprocessing resize citra medis menjadi 512x512 px dan konversi citra ke skala keabuan, untuk citra *watermark* yang digunakan adalah citra berdimensi 512x512 px dengan format citra *.TIF, citra *watermark* yang digunakan didapatkan dari <http://sipi.usc.edu/database/>.

1. Skema Kompresi



Gambar 5. Diagram alir kompresi menggunakan RLE

Berdasarkan Gambar 5. tahapan kompresi dapat diilustrasikan sebagai berikut :

Langkah 1 : Input *file* citra medis 2D

Langkah 2 : Ambil ukuran citra medis 2D

Langkah 3: Baca nilai intensitas piksel indeks pertama dan nilai piksel indeks kedua

Langkah 4: Terus lakukan pembacaan dua nilai intensitas piksel yang indeksnya berkelanjutan (*current* indeks dan *next* indeks).

- a. Jika nilai intensitas piksel *current* indeks dan *next* indeks adalah sama maka *increment* jumlah pengulangan nilai intensitas (*run length*) dan simpan nilai intensitas dalam variabel *array* yang sama.
- b. Jika nilai intensitas piksel *current* indeks dan *next* indeks adalah berbeda maka *create* variabel *array* baru untuk menyimpan nilai intensitas piksel, dan *create* variabel baru juga untuk menyimpan jumlah pengulangannya (*run length*).

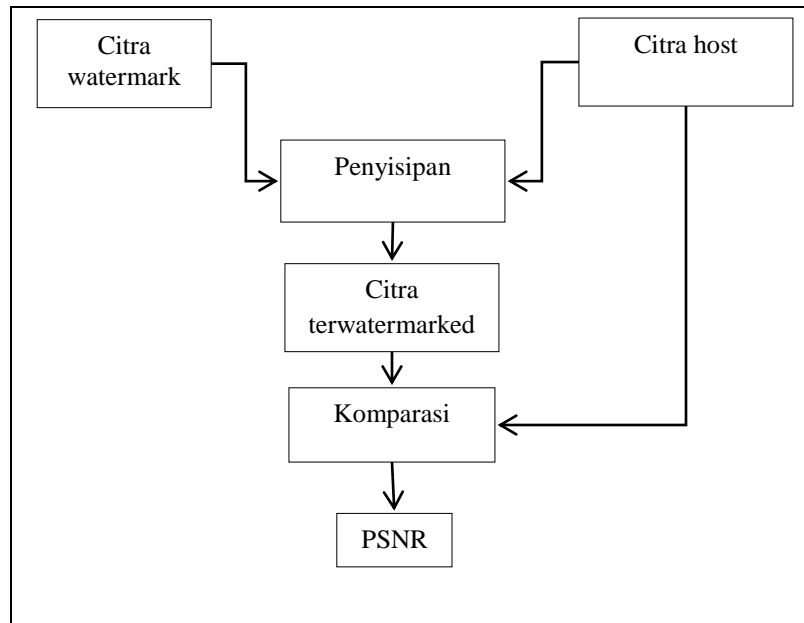
Langkah 5 : Ulangi langkah 4 sampai sampai pembacaan nilai intensitas piksel indeks terakhir.

Langkah 6 : Tampilkan nilai intensitas piksel beserta *run length*.

Gambar 7 merupakan diagram alir untuk proses kompresi RLE.

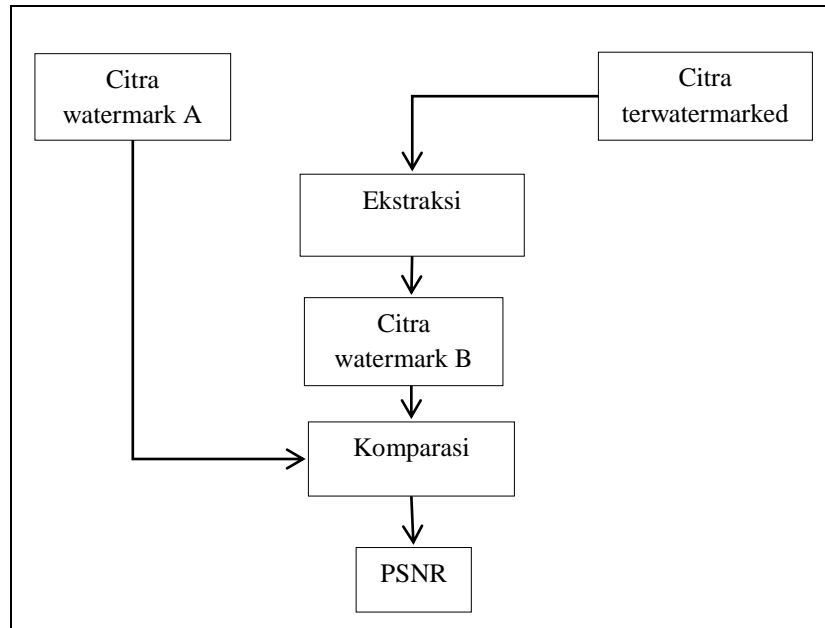
2. Skema Watermarking

Setelah citra dikompres menggunakan metode RLE, selanjutnya akan dilakukan proses penyisipan pesan (*embedding*) menggunakan metode DWT. Proses DWT dilakukan pada subbands LH, HL, HH karena sesuai dengan Penelitian yang dilakukan sebelumnya, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengaplikasian DWT pada subbands tersebut hasilnya bagus dalam hal *human visual system*. Eksperimen dilakukan dengan membuat program pada software MATLAB R2021a, untuk kompresi menggunakan algoritma *Run Length Encoding* (RLE) untuk penggabungan algoritma DWT untuk penyisipan citra *watermark* ke dalam citra asli. Nilai PSNR yang didapatkan akan menentukan kualitas dari citra terwatermark dan menentukan kualitas citra *watermark* hasil ekstraksi seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Perhitungan Kualitas Citra watermarked

Untuk lebih jelasnya langkah dari metode pengukuran kualitas citra terwatermark dapat dilihat dari diagram alir perhitungan PSNR pada Gambar 7. Dimana citra *watermark* adalah citra yang disisipkan, citra *host* adalah citra penampung, penyisipan dengan algoritma DWT, citra terwatermarked adalah hasil dari proses *watermarking*, komparasi menggunakan PSNR membandingkan citra watermarked dengan citra *host*. Untuk metode pengukuran kualitas citra *watermark* dapat dilihat dari diagram alir perhitungan PSNR di atas. Dimana citra terwatermark adalah citra hasil proses *watermarking*, proses ekstraksi dari algoritma penyisipan dwt-dct-svd, citra *watermark* B adalah citra pesan hasil ekstraksi, citra *watermark* A adalah citra pesan yang disisipkan, komparasi menggunakan PSNR membandingkan citra *watermark* A dengan citra *watermark* B.



Gambar 7. Diagram Alir Perhitungan Kualitas Citra Watermark Hasil Ekstraksi

2.4 Pengukuran Kualitas Citra

Untuk mengukur *imperceptibility* citra terwatermarked digunakan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), untuk mendapatkan nilai PSNR diperlukan perhitungan *Mean Squared Error* (MSE) [13], [17]–[19], berikut persamaan untuk MSE dan PSNR seperti pada persamaan (1) hingga persamaan (4). Dimana f^0 = citra terwatermark, f^i = citra penampang, A^0 = citra watermark dan A^i = citra watermark hasil ekstraksi.

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{ij}^0 - f_{ij}^i) \quad (1)$$

$$PSNR = 20x \log_{10} \left(\frac{MAX_f^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (A_{ij}^0 - A_{ij}^i) \quad (3)$$

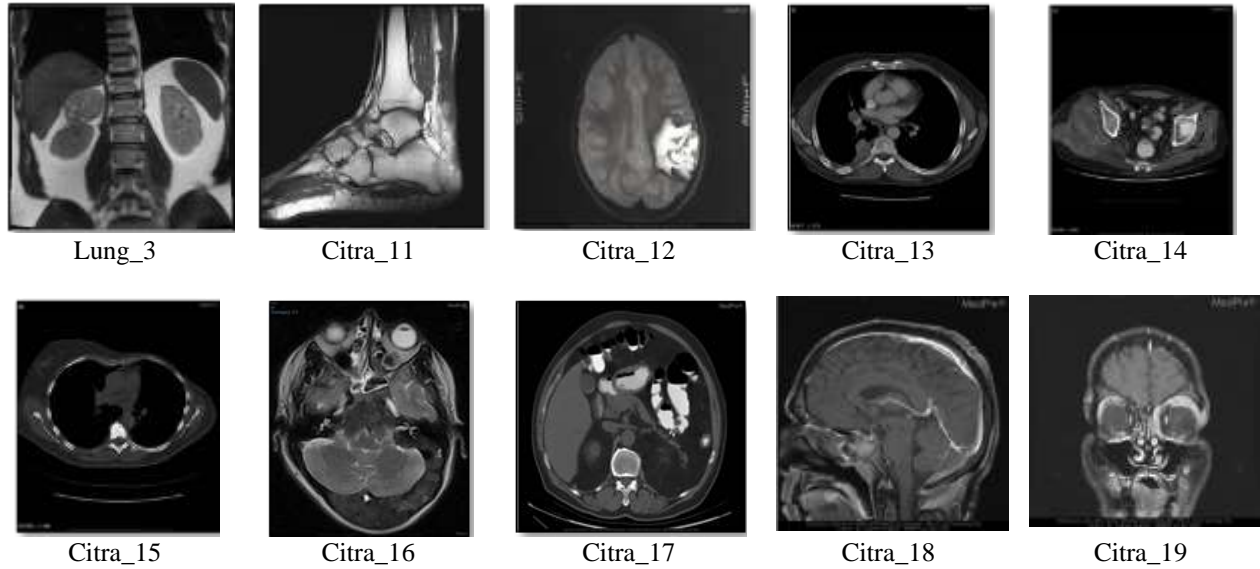
$$PSNR = 20x \log_{10} \left(\frac{MAX_A^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bawah ini hasil percobaan *watermarking* metode DWT-DCT-SVD dimana citra *host* dikompres terlebih dahulu dengan metode kompresi RLE. Citra watermark diilustrasikan pada Gambar 8, sedangkan citra *host* yang digunakan seperti diilustrasikan pada Gambar 9.



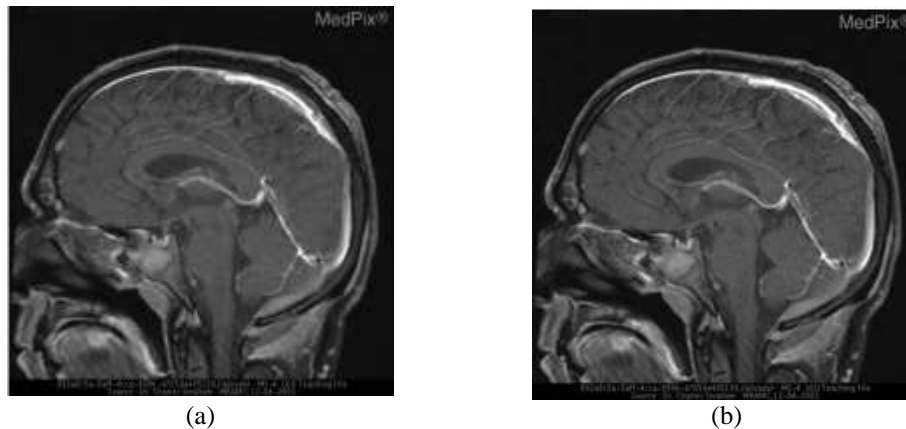
Gambar 8. Citra watermark



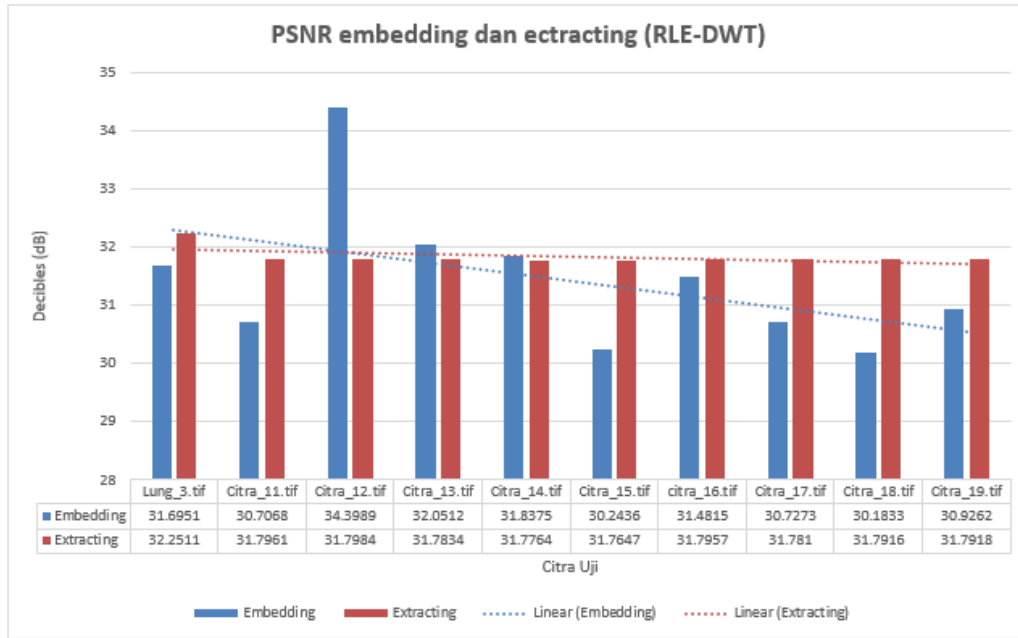
Berdasarkan hasil pengujian pada proses kompresi menggunakan metode RLE kemudian dilakukan proses watermarking menggunakan DWT, di dapat hasil citra setelah kompresi. Pada Tabel 1 diilustrasikan hasil pengujian menggunakan 10 citra *medical image* sesuai pada Gambar 9. Pada Gambar 9, dilakukan uji terhadap hasil kompresi RLE sebagai data pada proses watermarking. Seluruh citra menghasilkan PSNR lebih dari 30 dB. PSNR pada citra asli dan citra setelah kompresi watermarking, secara sekilas hamper sama. Perbedaan yang tidak terlihat ini telah ditunjukkan pada Gambar 10. Citra setelah kompresi dan watermarking secara sekilas hanya sedikit blurring saja.

Tabel 1. Hasil Kompresi menggunakan RLE dan RLE-DWT

No	Citra uji	Size Awal (kb)	Size Hasil Kompresi
1	Lung_3.png	224	200
2	Citra_11.png	212	201
3	Citra_12.png	156	137
4	Citra_13.png	129	93
5	Citra_14.png	122	95
6	Citra_15.png	103	89
7	citra_16.png	287	233
8	Citra_17.png	182	175
9	Citra_18.png	201	194
10	Citra_19.png	171	146



Gambar 9. Perbedaan Visual : (a) Citra Asli, (b) Citra setelah kompresi-watermarking dengan RLE-DWT



Gambar 10. PSNR Embedding dan Extracting menggunakan RLE-DWT

4. KESIMPULAN

Kualitas citra *host* terkompres mengalami perubahan yang tidak dapat terdeteksi dengan mata manusia biasa. Citra *host* terkompres memiliki *size file* lebih kecil, citra terwatermarked dengan citra *host* dikompresi memiliki *imperceptibility* yang cukup baik dapat dilihat dari nilai PSNR yang cukup tinggi. Citra *watermark* hasil ekstraksi hasilnya cukup bagus dengan nilai PSNR yang cukup tinggi. Untuk Penelitian selanjutnya, sebaiknya untuk membandingkan hasil secara visual dapat digunakan citra berwarna maupun citra *non medical*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Singh, V. S. Rathore, R. Singh, and M. K. Singh, "Hybrid semi-blind image watermarking in redundant wavelet domain," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 76, no. 18, pp. 19113–19137, Sep. 2017.
- [2] A. Nambutdee and S. Airphaiboon, "Medical image encryption based on DCT-DWT domain combining 2D-DataMatrix Barcode," in *2015 8th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 2015, pp. 1–5.
- [3] A. Goswami, "Coloured and Gray Scale Image Steganography using Block Level DWT DCT Transformation," *Int. J. Comput. Appl. (0975 – 8887)*, vol. 148, no. 7, pp. 4–6, 2016.
- [4] J. Wang and Z. Du, "A method of processing color image watermarking based on the Haar wavelet," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 64, p. 102627, 2019.
- [5] A. Susanto, S. D.R.I.M., C. A. Sari, and E. H. Rachmawanto, "Hybrid Method using HWT-DCT for Image Watermarking," in *5th International Conference on Information Technology for Cyber and IT Service Management (CITSM 2017)*, 2017.
- [6] A. Susanto, D. Setiadi, E. H. Rachmawanto, and C. A. Sari, "A Robust Non-Blind Image Watermarking Method Using 2-Level HWT-DCT," in *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*, 2018, pp. 304–308.
- [7] N. Nafi'iyah, "Algoritma Kohonen dalam Mengubah Citra Graylevel Menjadi Citra Biner," *J. Ilm. Teknol. Teknol. dan Informasia ASIA*, vol. 9, no. 2, pp. 49–55, 2015.
- [8] A. Soualmi, A. Alti, and L. Laouamer, "A New Blind Medical Image Watermarking Based on Weber Descriptors and Arnold Chaotic Map," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 43, no. 12, pp. 7893–7905, Dec. 2018.
- [9] T. A. B. W, Adiwijaya, and F. P. Permana, "Medical Image Watermarking with Tamper Detection and Recovery Using Reversible Watermarking with LSB Modification and Run Length Encoding (RLE) Compression," 2012, pp. 167–171.
- [10] C. A. Sari, E. H. Rachmawanto, and D. R. I. M. Setiadi, "Robust and Imperceptible Image Watermarking by

- DC Coefficients Using Singular Value Decomposition,” in *4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI 2017)*, 2017, pp. 1–4.
- [11] M. R. Fadhilah, I. Santoso, and A. A. Zahra, “OPTIMASI WATERMARKING PADA CITRA BIOMETRIK MENGGUNAKAN ALGORITME GENETIKA Metode,” *TRANSIENT*, vol. 6, no. 4, pp. 615–620, 2017.
- [12] Y.-L. Bei, S. Qiao, M.-X. Liu, X.-R. Zhu, and Q. Zhang, “A Color Image Watermarking Scheme Against Geometric Rotation Attacks Based on HVS and DCT-DWT,” in *2018 International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (SPAC)*, 2018, pp. 343–347.
- [13] W. S. Sari and C. A. Sari, “A High Result in Wavelet Watermarking Using Singular Value Decomposition,” *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 4, no. 3, pp. 269–276, Jul. 2019.
- [14] S. M. Sakthivel and A. R. Sankar, “Real time watermarking of grayscale images using integer DWT transform,” in *2016 International Conference on VLSI Systems, Architectures, Technology and Applications (VLSI-SATA)*, 2016, pp. 1–6.
- [15] A. H. Hussein, S. S. Mahmud, and R. J. Mohammed, “Image Compression Using Proposed Enhanced Run Length Encoding Algorithm,” *Ibn AL-Haitham J. Pure Appl. Sci.*, vol. 24, no. 1, 2017.
- [16] Y. He and Y. Hu, “A Proposed Digital Image Watermarking Based on DWT-DCT-SVD,” in *2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, 2018, no. Imcec, pp. 1214–1218.
- [17] N. Divecha and N. N. Jani, “Implementation And Performance Analysis Of DCT-DWT-SVD Based Watermarking Algorithms For Color Images,” *2013 Int. Conf. Intell. Syst. Signal Process. ISSP 2013*, pp. 204–208, 2013.
- [18] R. Devi and P. Sujatha, “An Overview of Digital Watermarking with a Performance Analysis of Wavelet Families for Image Compression,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 29, pp. 1–5, 2015.
- [19] C. Yang *et al.*, “Optimizing PSNR for Image Watermarking using Summation Quantization on DWT Coefficients,” in *39th Annual International Computers, Software & Applications Conference*, 2015, no. 1, pp. 68–74.