

Perlindungan Rekam Medis Berbasis Robust Watermarking pada Citra Medis Digital Menggunakan Metode DWT-DCT dan Optimasi dengan GA

Kurniawan W. Handito¹, Adiwijaya², Didi Rosiyadi³

^{1;2}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung

¹handitowira@students.telkomuniversity.ac.id, ²adiwijaya@telkomuniversity.ac.id, ³didi.rosiyadi@lipi.go.id,

Abstrak

Jasa layanan telemedis memanfaatkan kemajuan teknologi informasi untuk pertukaran informasi dan pelayanan kesehatan tanpa memperhatikan batas tempat dan waktu. Data medis yang dapat dikirim, ditukar, dan distribusikan untuk memenuhi layanan telemedis harus diikuti dengan sistem keamanan karena kejahatan pencurian data identitas medis semakin meningkat dan membahayakan. Data pasien yang bersifat pribadi dan rahasia dapat dijaga dengan skema watermarking dengan cara menyisipkan rekam medis pasien pada citra medis digitalnya. Hal ini dapat menjamin kerahasiaan dan keamanan pengiriman data serta menjaga integritas dan hak milik citra medis digitalnya. Pada penelitian ini diusulkan skema watermarking menggunakan penggabungan metode DWT-DCT serta optimasi dengan GA untuk mencapai nilai robustness dan imperceptibility yang lebih baik. Parameter yang dioptimasi adalah subband DWT, subband DCT, dan scale factor penyisipan. Skema watermarking yang diusulkan dibandingkan dengan skema water-marking satu metode (DWT) dan penggabungan metode (DWT-DCT) tanpa algoritma optimasi. Dari hasil pengujian tanpa serangan, skema watermarking yang diusulkan lebih baik hingga 13,28 dB untuk nilai PS-NR, dan 0,21 poin untuk nilai NCC. Pada pengujian menggunakan serangan, skema watermarking yang diusulkan dapat dikatakan baik untuk beberapa nilai serangan.

Kata kunci : watermarking, Citra Medis Digital, DWT, DCT, GA

Abstract

Telemedical services utilize the advancement of information technology for the exchange of health information and services without boundaries of place and time. Medical data that can be sent, exchanged and distributed to meet telemedical services should be followed by security system because of the increasingly data theft and manipulation. Patient data can be secured by watermarking scheme with embed it into medical image. In this research, watermarking scheme is proposed by combining DWT-DCT method and optimize by GA to achieve good value of robustness and imperceptibility. The parameters for optimization are DWT subband, DCT subband, and scale factor for embedding. The proposed watermarking scheme is compared with other one method scheme (DWT) and hybrid method (DWT-DCT) without GA. Experiment without attack's result show that the proposed watermarking scheme is better up to 13,28 dB for PSNR and 0,21 for NCC performance value. In the experiment using attacks, the proposed watermarking scheme is good for some attack values.

Keywords: Watermarking, Medical Image, DWT, DCT, GA

1 Pendahuluan

Teknologi komputer dan internet yang berkembang sangat pesat diikuti dengan pemanfaatan teknologi digital di semua bidang kehidupan manusia. Begitu juga dalam bidang medis, dimana kemudahan untuk berbagi data medis pasien antar spesialis dari berbagai rumah sakit sangat dibutuhkan untuk jasa layanan telemedis (seperti diagnosa pasien jarak jauh) [12]. Citra digital medis beserta rekam medis seorang pasien tentunya bersifat pribadi dan rahasia, sehingga perlu ada pengamanan dan perlindungan ketika proses layanan telemedis dari percobaan akses atau manipulasi dari pihak tidak berwenang. Karena, menurut [6], kejahatan dengan pencurian data identitas medis semakin meningkat dan membahayakan.

Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah dengan metode watermarking pada citra digital medis. Watermarking sendiri adalah teknik penyisipan informasi tertentu ke dalam suatu citra. Informasi yang disisipkan disebut watermark, dimana watermark dapat berupa teks seperti informasi tertentu atau gambar berupa logo tertentu. Ide dasar skema watermarking pada penelitian ini adalah dengan menyisipkan rekam medis yang berbentuk

citra ke dalam citra digital medisnya, selain menjamin kerahasiaan dan pengiriman data rekam medis, tapi juga menjaga integritas dan hak milik citra digital medisnya. Teknik watermarking yang digunakan haruslah tahan terhadap upaya serangan dan manipulasi, maka teknik ini disebut Robust Watermarking [19].

Berdasarkan konsep penyisipan, watermarking terbagi menjadi dua yaitu, domain spatial dan domain tran-sform. Pada penelitian [14], disebutkan bahwa untuk watermarking dengan tujuan penyembunyian data lebih tepat dilakukan dengan domain transform. Sedangkan pada citra digital medis sendiri, terdiri dari dua bagian, yaitu Region of Interest (ROI) dan Region of Non-Interest (RONI) [3]. Namun, untuk tujuan penyimpanan dan penyembunyian informasi berupa watermark tidak masalah apakah watermark tersebut disisipkan pada ROI atau pun RONI [11].

Banyak metode watermarking yang dapat diterapkan pada domain transform, seperti Discrete Cosine Tran-sform (DCT), Discrete Fourier Transform (DFT), Discrete Wavelet Transform (DWT), Singular Value Decompo-sition (SVD). Telah banyak penelitian menggunakan metode domain transform untuk watermarking baik dengan satu metode maupun penggabungan metode.

Robust Watermarking yang diimplementasikan untuk melindungi citra digital medis beserta rekam medis ter-diri dari penggabungan metode DWT dan DCT beserta optimasi Algoritma Genetika. Metode DWT sendiri men-dekomposisi atau menguraikan citra menjadi empat bagian pada setiap level, dengan dua level DWT implementasi pada penelitian ini. Metode DCT mentransformasikan atau mengubah representasi citra dari domain spasial ke domain transform dan mengganti koefisien DCT asli menjadi koefisien baru, dengan pengaplikasian pembacaan zig zag order dari salah satu bagian dari DWT. GA diaplikasikan untuk mengoptimalkan skema dari metode water-marking yang diusulkan pada proses penisipan maupun ekstraksi. Nilai performansi yang akan dilihat dari skema watermarking ini adalah kualitas persepsi (imperceptibility) dan daya tahan (robustness), dimana pada dasarnya kedua nilai ini saling berlawananan. Kualitas perepsi diukur menggunakan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) dan daya tahan diukur menggunakan Normalized cross-correlation (NCC).

Citra digital medis digunakan sebagai citra media penyisipan (biasa disebut citra host), sedangkan rekam medis yang berbentuk citra digunakan sebagai watermark. Karena keterbatasan sumber daya untuk komputasi maka citra digital medis yang digunakan hanya berukuran 1024x1024 serta rekam medis yang digunakan berukuran 128x128 atau 12,5% dari citra digital medisnya, hal ini disesuaikan dengan level dekomposisi dari metode yang digunakan, serta hanya digunakan citra berjenis warna grayscale. Rekam medis yang digunakan sebagai watermark menga-lami modifikasi dari rekam medis asli, dimana diambil empat primary key dari sebuah rekam medis yaitu : nama rumah sakit, nama pasien, tanggal lahir pasien, dan nomor rekam medis.

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah dengan menganalisis dan mengimplementasikan Ro-bust Watermarking menggunakan penggabungan metode DWT-DCT dan optimasi GA pada citra medis digital serta menganalisis nilai performansi yang dihasilkan yaitu kualitas persepsi (imperceptibility) dan daya tahan (ro-bustness) sehingga didapatkan hasil skema watermarking menggunakan penggabungan metode DWT-DCT dan optimasi GA akan lebih bagus bila dibandingkan dengan menggunakan satu metode ataupun penggabungan meto-de tanpa algoritma optimasi.

2 Studi Terkait

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, perkembangan pada teknologi komputer yang begitu pesat memudahkan pihak yang tidak berwenang untuk mengambil dan manipulasi data dari manapun, tanpa terkecuali data medis. Pada penelitian [5], diusulkan metode steganografi untuk mengatasi hal ini. Dimana teknik yang digunakan adalah dengan menyisipkan data rahasia kedalam sebuah citra, penelitian ini menyajikan skema menggunakan Pewarnaan graf dengan perbandingan dua algoritma optimasi yaitu algoritma genetika (GA) dan Particle Swarm Optimization (PSO), dimana menghasilkan bahwa penggunaan GA memiliki performansi yang lebih baik dibanding PSO dalam hal waktu komputasi, tapi untuk penyembunyian kedua algoritma ini memiliki hasil performansi yang sama.

Lalu pada penelitian [14], diusulkan skema watermarking dimana proses penyisipan terjadi pada domain tran-sform menggunakan Integer Wavelet Transform, ditambah pengaplikasian Reed-Muller Code untuk mendeteksi dan memperbaiki jika ada serangan manipulasi pada citra digital medis. Hash Block Chaining pada hash MD5 juga digunakan untuk mengontrol keaslian. Skema yang diusulkan pada penelitian ini memiliki performansi yang baik untuk parameter otentikasi dan integritas dari citra digital medis, dimana dapat dilihat dari hasil uji penggunaan Reed-Muller pada proses penyisipan dapat menambah daya tahan dari watermark dari berbagai macam serangan seperti Gaussian Noise, Sharpening, Blurring, dan JPEG Compression.

Penelitian [3] mengusulkan skema watermarking menggunakan LSB yang dimodifikasi dan Huffman Comp-ression untuk mendeteksi dan memulihkan citra medis yang dimanipulasi. Skema watermarking ini menunjukkan performansi pendeteksian yang baik, dengan hasil pengujian skema watermarking mampu mendeteksi serangan hingga akurasi 100% dan dapat melakukan pemulihan hingga akurasi 98% untuk beberapa serangan.

Pada penelitian [4], diusulkan skema watermarking untuk melindungi hak cipta dan otentikasi. Prinsip watermarking pada penelitian ini adalah dengan menyisipkan data digital (teks atau citra) ke dalam citra digital medis untuk mempertahankan hak milik dan mendeteksi keaslian citra digital medis. Citra digital medis dibagi menjadi dua, yaitu Region of Interest (ROI) dan Region of Non-Interest (RONI). Watermark yang digunakan untuk mendeteksi keaslian citra digital medis disisipkan pada citra ROI menggunakan Hash-Block Chaining, sedangkan watermark yang digunakan untuk hak milik disisipkan pada citra RONI menggunakan Reed-Muller Code.

Penelitian [17] mengusulkan skema watermarking menggunakan penggabungan metode DWT-DCT-SVD dengan media citra digital medis, serta rekam medis pasien sebagai watermark teksnya. Watermark teks dienkripsi terlebih dahulu dengan ASCII lalu disisipkan pada citra digital medisnya. Dari hasil uji yang didapat, skema watermarking yang digunakan memiliki daya tahan yang baik terhadap beberapa serangan seperti JPEG Compression, Gaussian, Salt & Pepper, dan sebagainya.

Terdapat pula penelitian topik watermarking dengan media citra yang lain, seperti penelitian [15] yang mengaplikasikan skema watermarking untuk perlindungan hak cipta pada dokumen e-government. Pada penelitian ini digunakan penggabungan metode DCT-SVD dan ditambah dengan algoritma optimasi, algoritma genetika (GA) dan menghasilkan daya tahan yang baik terhadap beberapa macam serangan. Pada penelitian [9] juga diusulkan skema hampir sama menggunakan gabungan metode DCT-SVD dan algoritma genetika sebagai algoritma optimasi namun dengan perbedaan jenis watermarking yang digunakan yaitu blind watermarking dan menghasilkan kualitas persepsi dan daya tahan yang baik terhadap berbagai macam serangan.

Lalu pada penelitian [16], dijelaskan perbandingan antara skema watermarking penggabungan metode dan tambahan algoritma optimasi yaitu algoritma genetika (GA) dengan skema watermarking tanpa algoritma optimasi. Metode watermarking yang digunakan adalah DCT-SVD, dimana koefisien DCT diterapkan pada citra media menggunakan zigzag order lalu diterapkan SVD pada masing-masing sub-block untuk penyisipan citra watermarknya. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa penggunaan gabungan metode ditambah algoritma genetika menghasilkan skema yang lebih baik dibandingkan dengan skema yang hanya menggunakan penggabungan metode tanpa algoritma genetika. Penelitian [8] juga menjelaskan perbandingan dua penggabungan metode pada topik watermarking citra yaitu DCT-SVD dan DWT-SVD, dari pengujian skema didapatkan hasil bahwa skema watermarking DCT-SVD lebih baik bila dibanding skema watermarking DWT-SVD, penggunaan scale factor pada penyisipan juga berpengaruh terhadap daya tahan watermark terhadap uji serangan yang dilakukan.

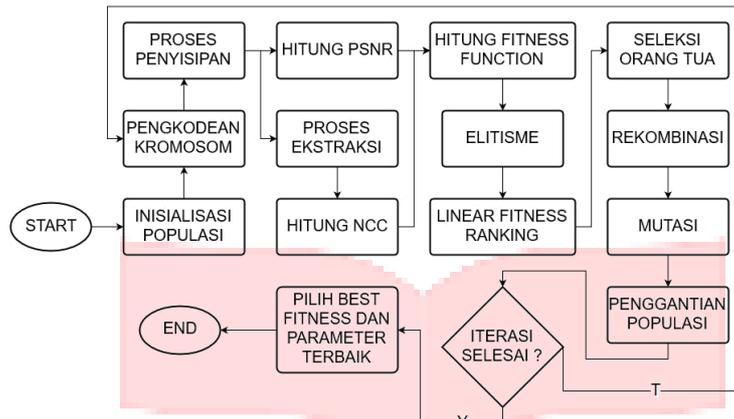
Pada penelitian [10], diusulkan metode skema blind watermarking menggunakan penggabungan metode DWT-SVD-DCT dimana lebih dari satu watermark dapat disisipkan pada sebuah citra media. Skema yang diusulkan diuji dengan serangan JPEG dan JPEG 2000 dan menghasilkan daya tahan yang baik. Penggabungan metode watermarking juga dilakukan pada penelitian [18], menggunakan metode DCT-SVD pada berbagai macam frekuensi DCT. Dari pengujian didapatkan hasil bahwa skema watermarking dengan penggabungan metode memiliki performansi yang lebih baik bila dibanding dengan watermarking satu metode. Bahwa penyisipan pada masing-masing frekuensi DCT memiliki keunggulan masing-masing, penyisipan pada frekuensi B1 tahan terhadap beberapa serangan, dan penyisipan pada frekuensi B4 tahan pula terhadap beberapa serangan yang lainnya.

3 Skema Watermarking

Dalam penelitian ini dibangun skema watermarking pengamanan rekam medis (disebut watermark) pada citra medis (disebut citra host). Skema watermarking menggunakan penggabungan metode Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosine Transform (DCT) yang diaplikasikan pada algoritma optimasi Genetic Algorithm (GA). GA yang digunakan pada penelitian ini berjenis Generational Replacement, dimana proses replacement dilakukan sekaligus ketika dihasilkan satu populasi baru.

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 1 diagram alur skema watermarking yang dibangun pada penelitian ini:

1. Inisialisasi populasi, mengenerate sejumlah n individu dengan panjang 9 bit. Pada penelitian ini skema pengkodean menggunakan biner, sehingga tiap gen berisikan nilai 0 atau 1 dengan representasi parameter Subband DWT (2 bit), Subband DCT (2 bit), dan scale factor (5 bit). Juga dilakukan inisialisasi jumlah iterasi maksimal yang hendak dicapai.
2. Pengkodean kromosom, pengkodean isi individu menjadi suatu nilai tertentu yang mana hasil dekode nya mewakili tiap parameter dan terdiri dari beberapa jumlah bit yang ada. Atau disebut juga representasi sifat genotip dan fenotip dari suatu populasi. Pada gambar 2, Subband DWT dan Subband DCT hanya terdiri dari masing-masing 4 pilihan atau bagian pada proses watermarking, yaitu pada Subband DWT terdapat LL, LH, HL, dan HH serta pada Subband DCT terdapat B1, B2, B3, B4 maka pengkodean dilakukan secara sederhana dengan 2 bit gen, seperti pada tabel 1.



Gambar 1. Diagram Alur Skema Watermarking

Gambar 2. Skema Pengkodean Kromosom

Tabel 1. Skema Pengkodean Subband DWT dan Subband DCT

Genotip	Fenotip	Subband DWT	Subband DCT
0 0	1	LL	B1
0 1	2	LH	B2
1 0	3	HL	B3
1 1	4	HH	B4

Sedangkan untuk Pengkodean scale factor dari 5 bit biner menjadi bilangan desimal menggunakan rumus berikut :

$$x = r_b + (r_a - r_b) (g_1 \cdot 2^{-1} + g_2 \cdot 2^{-2} + \dots + g_N \cdot 2^{-N}) \tag{1}$$

dengan N adalah jumlah bit, r_b adalah batas bawah, dan r_a adalah batas atas nilai fenotip (0 s/d 1).

3. Proses penyisipan, proses penyisipan menggunakan rekam medis sebagai watermark dan citra medis sebagai citra host media penyisipan. Penyisipan dilakukan dengan menggunakan parameter yang telah didapatkan dari pengkodean, serta dijelaskan lebih lanjut pada sub bagian Penyisipan watermark.
4. Hitung PSNR, dari proses penyisipan didapatkan citra medis yang sudah tersisipi watermark. Maka dihitung satu parameter keberhasilan dari suatu watermark yaitu imperceptibility menggunakan PSNR dengan rumus berikut :

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255^2)}{MSE} \tag{2}$$

dimana MSE adalah singkatan dari Mean Square Error, nilai yang menyatakan rata-rata kuadrat error, selisish antar dua buah citra. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} (I_w(x; y) - I(x; y))^2 \tag{3}$$

dimana m dan n adalah dimensi dari citranya, x dan y adalah kordinat citra, $I_w(x; y)$ adalah citra medis ter-watermark dan $I(x; y)$ adalah citra medis asli. Semakin hasil nilai besar PSNR menandakan citra medis ter-watermark menyerupai atau mirip citra medis asli, yang artinya watermark yang disisipkan lebih tak kasat mata. Nilai PSNR yang didapatkan berkisar di angka 0 sampai 100.

5. Proses ekstraksi, skema watermarking penelitian merupakan jenis non-blind watermarking sehingga untuk

ekstraksi diperlukan citra medis asli untuk mengeluarkan watermark yang tersisipkan di dalamnya. Dije-laskan lebih lanjut pada sub bagian Ekstraksi watermark.

6. Hitung NCC, dari proses ekstraksi didapatkan watermark berupa rekam medis. Maka dihitung parameter robustness dari watermark menggunakan NCC dengan rumus berikut :

$$NCC = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [w(i; j) - w_{mean}][v(i; j) - v_{mean}]}{(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [w(i; j) - w_{mean}]^2)(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [v(i; j) - v_{mean}]^2)} \quad (4)$$

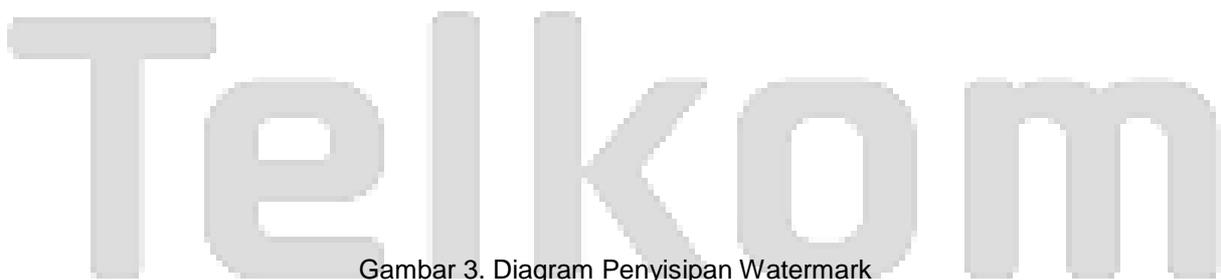
dimana m dan n adalah dimensi dari citranya, w(i,j) adalah rekam medis asli, dan v(i,j) adalah rekam me-dis terekstraksi. Semakin besar nilai NCC, maka daya tahan watermark semakin baik. Nilai NCC yang didapatkan berkisar di angka 0 sampai 1.

7. Hitung fitness function, untuk mendapatkan best fitness nilai PSNR (imperceptibility) dan NCC (robustness) dijadikan tolak ukur mencari hasil terbaik dari skema watermarking. Dengan rumus fitness sebagai berikut :

$$FF = (PSNR=100) + NCC \quad (5)$$

8. Elitisme, dari perhitungan fitness function didapatkan individu terbaik, elitisme digunakan untuk peng-kopi-an individu terbaik dan dimasukkan sebagai anggota populasi pada generasi berikutnya. Sehingga populasi baru yang dihasilkan selalu memiliki satu individu terbaik yang kualitasnya sama baik atau lebih baik dibandingkan populasi lama.
9. Linear fitness ranking, penskalaan untuk menentukan batasan-batasan wilayah dari masing-masing fungsi fitness dari hasil solusi setiap individu. Batasan ini digunakan sebagai dasar penentuan pada proses pemilihan orang tua. Pada seleksi orang tua, digunakan metode roulette wheel untuk mencari individu yang dijadikan sebagai orang tua. selanjutnya dilakukan proses rekombinasi dengan probabilitas 0.9 dan membangkitkan satu titik potong secara acak. Lalu dilakukan proses mutasi dengan probabilitas sebesar 0.05. Gen - gen yang terpilih diubah nilainya, 0 menjadi 1, dan 1 menjadi 0 (flip biner).
10. Penggantian populasi, tiap N individu pada suatu generasi digantikan sekaligus oleh N individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Individu terbaik tetap terjaga dengan penggunaan skema elitisme, sehingga hingga akhir iterasi individu yang didapatkan adalah individu terbaik.
11. Pilih best fitness dan parameter terbaik, parameter terbaik yang telah dihasilkan digunakan sebagai parameter masukan untuk proses watermarking selanjutnya secara implementatif.

Penyisipan watermark



Gambar 3. Diagram Penyisipan Watermark

Berikut merupakan penjelasan proses penyisipan watermark yang digambarkan pada gambar 3

1. Diterapkan metode DWT pada citra medis (citra host) untuk membagi citra menjadi empat subband (LL, LH, HL, dan HH) pada level dua, dan dipilih salah satu subband menggunakan parameter dari pengkodean kromosom.
2. Diterapkan metode DCT pada subband yang terpilih.
3. Pembacaan secara zig-zag pada koefisien hasil DCT, dan membagi nya menjadi empat subband (B1, B2, B3, dan B4).
4. Diterapkan metode DCT pada rekam medis (watermark).

5. Dilakukan penyisipan rekam medis dengan menambahkannya pada subband dari pembacaan zigzag yang terpilih menggunakan parameter dari pengkodean kromosom. Digunakan ScaleFactor sebagai skala penyisipan watermark menggunakan parameter dari pengkodean kromosom.
6. Pengembalian posisi ke semula dengan pembacaan unzig-zag.
7. Diterapkan inverse-DCT citra DCT yang telah tersisipi watermark untuk mengembalikan koefisien dari citra medis.
8. Diterapkan inverse-DWT pada citra yang telah tersisipi watermark. Penggabungan semua subband yang telah dibagi. Dihasilkan citra medis ter-watermark.

Ekstraksi watermark

Gambar 4. Diagram Ekstraksi Watermark

Berikut merupakan penjelasan proses ekstraksi watermark yang digambarkan pada gambar 4

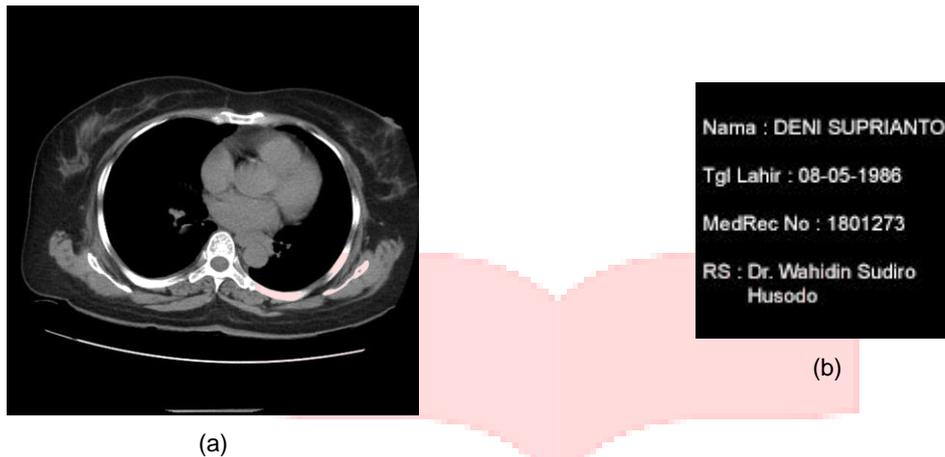
1. Masukan berupa citra medis ter-watermark dan citra medis sebelum ter-watermark, diterapkan metode DWT pada masing-masing citra untuk membagi citra menjadi empat subband (LL, LH, HL, dan HH) pada level dua, dan dipilih subband penyisipan yang telah dilakukan sebelumnya.
2. Diterapkan metode DCT pada masing-masing subband dari kedua citra.
3. Pembacaan secara zig-zag pada koefisien hasil DCT pada masing-masing subband dari kedua citra.
4. Ekstraksi dilakukan dengan mengurangi nilai dari citra medis ter-watermark dengan citra medis sebelum terwatermark.
5. Diterapkan inverse-DCT dari hasil ekstraksi untuk mengembalikan koefisien dari rekam medis.
6. Didapatkan rekam medis sebagai watermark yang terekstraksi.

4 Evaluasi

Penelitian ini menggunakan 15 (lima belas) citra medis yang berasal dari RSUD Dr. Wahidin Sudiro Husodo, Mojokerto, sedangkan untuk rekam medis digunakan citra dummy yang berisi 4 (empat) primary key dari rekam medis yaitu nama rumah sakit, nama pasien, ttl pasien, dan no rekam medis. Ukuran citra medis dan rekam medis yang digunakan masing-masing adalah 1024x1024 dan 128x128, serta yang digunakan adalah citra jenis warna grayscale. Gambar 5 menampilkan salah satu citra medis dan rekam medis yang digunakan dalam penelitian.

Pengujian dilakukan dengan melihat nilai performansi PSNR dan NCC yang mewakili dua nilai imperceptibility dan robustness dari skema watermarking. Serangan untuk menguji skema watermarking juga disertakan, yaitu sharpening, gaussian noise, salt & pepper noise, dan median filter. Perbandingan skema watermarking dilakukan antara satu metode DWT, lalu penggabungan metode DWT-DCT dan skema yang diusulkan yaitu metode DWT-DCT dan optimasi GA.

Pada pengujian metode DWT, watermark disisipkan pada subband LH yang merujuk pada penelitian [7]. Sedangkan penggabungan metode DWT-DCT penyisipan pada DCT dilakukan pada subband B1 yang merujuk pada penelitian [18] dengan nilai scale factor penyisipan 1.



Gambar 5. (a) Citra medis x-ray dada tampak atas (b) Rekam medis

Analisis Hasil Pengujian

Berikut merupakan hasil pengujian dari skema watermarking yang diusulkan.

Tabel 2. Parameter Hasil Optimasi GA pada Skema Watermarking

CITRA	PARAMETER		
	DWT SUBBAND	DCT SUBBAND	SCALE FACTOR
Citra 1	HH	B1	0,36129
Citra 2	HH	B1	0,32935
Citra 3	HH	B1	0,29742
Citra 4	HH	B1	0,29742
Citra 5	HH	B1	0,32936
Citra 6	HH	B1	0,29742
Citra 7	HH	B1	0,29742
Citra 8	HH	B1	0,29742
Citra 9	HH	B1	0,29742
Citra 10	HH	B1	0,36129
Citra 11	HH	B1	0,32395
Citra 12	HH	B1	0,29742
Citra 13	HH	B1	0,39323
Citra 14	HH	B1	0,32935
Citra 15	HH	B1	0,29742

Dapat dilihat pada Tabel 2, parameter yang digunakan pada skema watermarking dan dioptimasi menggunakan GA adalah subband DWT, subband DCT, dan nilai scale factor penyisipan. Dari 15 citra yang digunakan subband DWT yang dipilih dari algoritma optimasi adalah subband HH, subband DCT yang dipilih adalah subband B1, dan nilai scale factor berada dikisaran angka 0,29742 hingga 0,39323.

Dari Tabel 3, ditampilkan hasil uji skema watermarking serta pembandingan tanpa serangan. Dari 15 (lima belas) citra yang digunakan, diambil nilai - rata sebagai nilai pembandingan. Dari nilai PSNR dan NCC yang didapatkan, hanya skema watermarking yang diusulkan yang memenuhi standar minimum nilai PSNR, yaitu 30 [20], untuk nilai NCC tidak ada batas minimum dikatakan baik sebuah citra, namun dari skala NCC 0 hingga 1, dapat diartikan bahwa nilai NCC mendekati 0 hasilnya buruk dan nilai NCC mendekati 1 hasilnya baik. Nilai PSNR dari skema watermarking yang diusulkan lebih baik sekitar 12,1 hingga 13,28 dB bila dibandingkan dengan skema watermarking DWT, dan skema watermarking DW-DCT tanpa GA. Untuk nilai NCC, hasil skema watermarking yang diusulkan lebih baik sekitar 0,21 poin bila dibandingkan dengan skema watermarking DWT-DCT tanpa GA, namun tidak lebih baik 0,1 poin bila dibandingkan dengan skema watermarking DWT.

Pada Tabel 4, ditampilkan hasil uji skema watermarking yang diusulkan menggunakan serangan. Pada serangan sharpening, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga uji nilai serangan 2, karena pada nilai serangan 3 nilai PSNR yang didapatkan berada di bawah angka minimum. Untuk nilai NCC pada semua nilai serangan uji dikatakan baik dengan nilai minimum yang didapatkan adalah 0,79 (mendekati angka 1). Pada serangan gaussian noise, skema watermarking yang diusulkan mampu bertahan baik hingga uji nilai serangan 0,001, karena pada uji

Tabel 3. Imperceptibility Citra Host saat Skenario

CITRA	DWT	DWT-DCT	DWT-DCT-GA
	PSNR	PSNR	PSNR
Citra 1	26,85	27,70	39,14
Citra 2	26,54	27,57	39,68
Citra 3	26,53	27,96	40,09
Citra 4	26,62	28,14	40,36
Citra 5	26,67	28,06	39,81
Citra 6	26,55	27,82	40,22
Citra 7	26,56	28,08	40,53
Citra 8	26,61	27,97	40,50
Citra 9	26,54	27,80	40,30
Citra 10	26,63	27,57	39,16
Citra 11	26,64	27,44	39,60
Citra 12	26,73	27,61	40,27
Citra 13	26,63	27,86	38,71
Citra 14	26,57	27,74	39,68
Citra 15	26,67	27,82	40,58
Rata - Rata	26,62	27,80	39,90

Tabel 4. Hasil Pengujian PSNR & NCC Terhadap Serangan

SERANGAN	NILAI SERANGAN	DWT – DCT – GA	
		PSNR	NCC
Sharpening	0,5	37,16	0,94
	1	34,49	0,92
	2	31,18	0,86
	3	28,72	0,79
Gaussian noise	0,0005	33,04	0,87
	0,001	30,59	0,83
	0,005	24,27	0,63
	0,01	21,47	0,50
Salt & pepper noise	0,001	32,80	0,91
	0,005	26,53	0,79
	0,01	23,65	0,68
	0,05	16,76	0,33
Median filter	3 x 3	41,53	0,96
	7 x 7	34,33	0,60
	9 x 9	31,02	0,41
	11 x 11	28,57	0,29

nilai serangan 0,005 ke atas nilai PSNR yang didapatkan berada di bawah minimum. Namun untuk nilai NCC pada semua uji nilai serangan, nilai masih mendekati angka 1. Pada serangan salt & pepper noise, skema watermarking yang diusulkan dapat dikatakan baik hingga uji nilai serangan 0,001, karena pada nilai serangan 0,005 ke atas nilai PSNR yang didapatkan berada di bawah minimum. Namun pada nilai NCC yang didapatkan, hanya pada nilai serangan 0,05 nilai NCC mendekati angka 0, dan di bawah itu mendekati angka 1. Serangan terakhir yang dilakukan adalah median filter, dari Tabel 4 ditampilkan bahwa skema watermarking yang diusulkan mampu ber-tahan hingga nilai serangan 9x9, karena pada nilai serangan 11x11 nilai PSNR yang didapatkan berada di bawah minimum. Untuk pengukuran nilai NCC, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga uji nilai serangan 7x7.

5 Kesimpulan

Selain nilai robustness terdapat nilai imperceptibility yang menjadi dasar skema watermarking baik atau tidak. Dan pada dasarnya, nilai imperceptibility dan robustness dari suatu skema watermarking saling bertolak belakang. Robustness sangat diperlukan agar watermark dapat tahan terhadap upaya serangan, namun imperceptibility juga tidak bisa diacuhkan begitu saja, apalagi untuk kasus citra medis, bila nilai imperceptibility rendah bisa jadi menyebabkan salah diagnosis karena citra medis yang tersisipi menjadi salah terbaca.

Pada penelitian ini telah dibangun skema watermarking penggabungan metode DWT dan DCT serta penggunaan algoritma optimasi GA untuk mencari nilai terbaik dari parameter yang ada. Dimana hasil menunjukkan bahwa skema yang diusulkan lebih baik daripada skema watermarking dengan satu metode maupun penggabungan metode tanpa algoritma optimasi untuk dua nilai perbandingan yaitu imperceptibility dan robustness. Dengan hasil perbedaan 12,1 hingga 13,28 dB untuk nilai PSNR, dan 0,21 untuk nilai NCC. Pada penelitian ini juga dilakukan uji serangan pada skema yang diusulkan. Pada serangan sharpening, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga nilai uji serangan 2. Pada serangan gaussian noise, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga nilai uji serangan 0,001. Pada serangan salt & pepper noise, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga nilai uji serangan 0,001. Lalu yang terakhir pada serangan median filter, skema watermarking dapat dikatakan baik hingga nilai uji serangan 7x7.

Skema watermarking yang diusulkan berjenis non-blind watermarking dimana dibutuhkan citra host asli untuk proses ekstraksi, dimana untuk kedepannya dapat dilakukan penelitian menggunakan skema watermarking berjenis blind watermarking. Dan dapat diadakan lagi penelitian untuk menggali penggunaan gabungan metode dan algoritma optimasi yang lain sehingga didapatkan hasil skema watermarking yang lebih baik.[1] [2] [13]

Daftar Pustaka

- [1] Adiwijaya. Aplikasi Matriks dan Ruang Vektor. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2014.
- [2] Adiwijaya. Matematika Diskrit dan Aplikasinya. Alfabeta, Bandung, 2016.
- [3] Adiwijaya, P. N. Faoziyah, F. P. Permana, T. A. B. Wirayuda, and U. N. Wisesty. Tamper detection and recovery of medical image watermarking using modified lsb and huffman compression. pages 129–132, Sept 2013.
- [4] Adiwijaya, T. A. B. Wirayuda, S. D. Winanjuar, and U. Muslimah. The multiple watermarking on digital medical image for mobility and authenticity. pages 457–462, 2014.
- [5] W. Astuti and Adiwijaya. Graph coloring based on evolutionary algorithms to support data hiding scheme on medical images. *Procedia Computer Science*, 74:173 – 177, 2015. “The 2nd International Conference of Graph Theory and Information Security”.
- [6] W. Dou, C. L. Poh, and Y. L. Guan. An improved tamper detection and localization scheme for volumetric dicom images. *Journal of Digital Imaging*, 25(6):751–763, Dec 2012.
- [7] B. L. Gunjal and R. R. Manthalkar. Discrete wavelet transform based strongly robust watermarking scheme for information hiding in digital images. pages 124–129, Nov 2010.
- [8] K. Handito, Z. Fauzi, F. A. Ma'ruf, T. Widyaningrum, and K. M. Lhaksana. The comparison between svd-dct and svd-dwt digital. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017.
- [9] S. J. Horng, D. Rosiyadi, T. Li, T. Takao, M. Guo, and M. K. Khan. A blind image copyright protection scheme for e-government. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 24(7):1099 – 1105, 2013.
- [10] H. T. Hu and L. Y. Hsu. Exploring dwt–svd–dct feature parameters for robust multiple watermarking against jpeg and jpeg2000 compression. *Computers and Electrical Engineering*, 41:52 – 63, 2015.
- [11] M. Jamali, S. Samavi, N. Karimi, S. M. R. Soroushmehr, K. Ward, and K. Najarian. Robust watermarking in non-roi of medical images based on dct-dwt. pages 1200–1203, Aug 2016.
- [12] S. M. Mousavi, A. Naghsh, and S. A. R. Abu-Bakar. Watermarking techniques used in medical images: a survey. *Journal of Digital Imaging*, 27(6):714–729, Dec 2014.
- [13] S. Nurcahyo, F. Nhita, and Adiwijaya. Rainfall prediction in kemayoran jakarta using hybrid genetic algorithm (ga) and partially connected feedforward neural network (pcfn). pages 166–171, May 2014.
- [14] D. S. Prathiwi, W. Astuti, Adiwijaya, and T. A. B. Wirayuda. Watermarking scheme for authenticity and integrity control of digital medical image using reed-muller codes and hash block chaining. pages 23–29, May 2015.
- [15] D. Rosiyadi, S. J. Horng, P. Fan, X. Wang, M. K. Khan, and Y. Pan. Copyright protection for e-government document images. *IEEE MultiMedia*, 19(3):62–73, July 2012.

- [16] D. Rosiyadi, S. J. Horng, N. Suryana, and N. Masthurah. A comparison between the hybrid using genetic algorithm and the pure hybrid watermarking scheme. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 4(3):329–331, Jun 2012.
- [17] A. K. Singh, M. Dave, and A. Mohan. Hybrid technique for robust and imperceptible multiple watermarking using medical images. *Multimedia Tools and Applications*, 75(14):8381–8401, Jul 2016.
- [18] A. Sverdlov, S. D. Dexter, and A. M. Eskicioglu. Robust dct-svd domain image watermarking for copyright protection: Embedding data in all frequencies. *2005 13th European Signal Processing Conference*, pages 1–4, 2005.
- [19] H. Tao, L. Chongmin, J. M. Zain, and A. N. Abdalla. Robust image watermarking theories and techniques: A review. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(1):122 – 138, 2014.
- [20] A. Zeki, A. Abubakar, and H. Chiroma. An intermediate significant bit (isb) watermarking technique using neural networks. *SpringerPlus*, 5(1):868, Jun 2016.

