

DIGITAL IMAGE WATERMARKING PADA CITRA MEDIS MENGGUNAKAN DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT), DAN METODE SPREAD SPECTRUM

¹Lady Silk Moonlight, ²Sugiarto, ³Ade Irfansyah, ⁴Resty Widyarini
¹³Politeknik Penerbangan Surabaya, ²Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email : lady@poltekbangsby.ac.id

Abstrak. Semakin mudahnya karya gambar atau citra digital digandakan dan disebarluaskan tanpa mengalami penurunan kualitas, menyebabkan permasalahan baru yaitu kebutuhan bagaimana membuktikan kepemilikan dari sebuah karya gambar digital. Pada penelitian ini diterapkan digital image watermarking menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT) dan metode Spread Spectrum. Tujuan digital image watermarking yaitu menyisipkan informasi kedalam citra digital sehingga kepemilikan dari sebuah citra digital tersebut dapat dibuktikan. Pada penelitian ini, akan dibahas proses penyisipan watermark dan proses pengekstraksian watermark. Proses penyisipan watermark yaitu proses penyisipan citra watermark kedalam citra medis. Sedangkan proses pengekstraksian watermark yaitu proses memperoleh kembali citra watermark yang telah disisipkan pada citra medis hasil dari proses penyisipan. Pada proses penyisipan watermark, nilai alpha yang digunakan harus sama dengan nilai alpha dalam proses pengekstraksian watermark. Pada penelitian ini juga dilakukan uji coba terhadap beberapa macam serangan seperti, kompresi, rotasi, pencerminan (flipping), cropping, blurring dan resize. Perhitungan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) juga dilakukan setelah proses penyisipan watermark untuk mengetahui kualitas citra medis yang telah disisipi watermark. Dari perhitungan PSNR diketahui bahwa semakin tinggi nilai alpha, maka semakin besar pula perubahan nilai koefisien citra medis, sehingga kualitasnya semakin menurun karena sudah terpengaruh koefisien citra watermark.

Kata Kunci: *Discrete Cosine Transform, Citra Medis, Spread Spectrum, Watermarking*

Dalam perkembangannya, informasi dan data diproses dan ditampilkan dalam bentuk digital, yaitu berupa audio, video atau teks. Hal ini terjadi hampir di segala bidang kehidupan, salah satunya adalah dibidang kedokteran, yaitu pemanfaatan citra medis (*medical image*) untuk berbagai macam kebutuhan dibidang kedokteran, salah satu contohnya untuk mengamati tubuh manusia bagian dalam tanpa harus membedahnya.

Citra medis merupakan sesuatu yang sangat bernilai, dalam hal riset, maupun tujuan komersil. Namun sering kali terjadi penyalahgunaan terhadap citra tersebut. Misalnya seseorang dengan sengaja memperbanyak dan mempublikasikan citra tersebut untuk tujuan komersil, padahal citra medis merupakan data yang sifatnya sangat pribadi. Maka citra medis juga memerlukan *copyright* dan harus dilindungi. Oleh karena itu digital watermarking sangat cocok untuk permasalahan tersebut. Watermarking merupakan salah satu alternatif melindungi data atau karya digital dari upaya illegal penggandaan yang melanggar *copyright* atau Hak atas Kekayaan Intelektual (HaKI) [1].

Digital watermarking merupakan teknik menyisipkan suatu informasi kedalam data

digital. Watermark dapat berupa suara (*sound*), gambar (citra), teks seperti informasi *copyright*, atau pun lainnya. Penyisipan watermark pada citra medis ini, dilakukan dengan tidak merusak keaslian dari data yang dilindungi.

I. Metodologi Digital Watermarking

Digital Watermarking adalah teknik penyisipan atau penamaan data atau informasi, atau penyembunyian informasi, pada suatu data digital, namun penyisipan tersebut tidak terlihat oleh indera penglihatan, atau pendengaran manusia. Selain itu, digital watermarking mampu bertahan terhadap serangan proses pengolahan sinyal digital hingga tahap tertentu.

Digital watermarking yang dimaksud kehadirannya tidak dapat dirasakan oleh manusia tanpa alat bantu mesin pengolah digital seperti komputer. Berbeda dengan tanda air pada uang kertas yang masih dapat terlihat oleh mata telanjang manusia.

Digital Watermarking diterapkan langsung pada data digital seperti video, teks, audio, dan citra. Misal pada domain spasial yaitu citra dan video, dan audio pada domain waktu. Atau dapat juga dilakukan transformasi ke domain lainnya. Berikut pemrosesan

transformasi sinyal digital yaitu DCT (*Discrete Cosine Transform*), FFT (*Fast Fourier Transform*), *Wavelet Transform*, dan lainnya. [2]

Kebanyakan teknik *digital watermarking* adalah berasal dari ilmu *steganography*. *Steganography* adalah pembelajaran untuk menyembunyikan data rahasia di dalam data tipuan sebelum dikirimkan sehingga pihak ketiga tidak akan menyadari ada informasi sensitif yang telah berpindah tangan. Sebagai contohnya, pesan rahasia bisa disembunyikan pada bit RGB yang kurang penting pada tiap piksel dari sebuah gambar. Pesan tersebut bisa kemudian dienkripsi agar lebih sulit dibaca. *Image watermarking* mempunyai manfaat yaitu: [3]

a. Kepemilikan (*ownership*) atau hak cipta penggandaan (*copyright*). Syarat aplikasi ini yaitu *watermark* harus kokoh (*robust*) dan tidak terlihat (*invisible*). Otentikasi (*tamper proofing*).

Pemilik citra menyisipkan *watermark* disisipkan kedalam citra untuk membuktikan keaslian citra yang sudah beredar atau tersimpan. Jika *watermark* yang diekstraksi tidak tepat sama dengan *watermark* asli, maka dipastikan citra sudah tidak asli lagi. Keotentikan pemilik dapat dibuktikan saat *watermark* diekstraksi, menghasilkan ekstraksi *watermark* yang tidak sesuai dengan *watermark* pemilik citra.

Syarat aplikasi ini yaitu *watermark* harus *fragile* dan tidak tampak.

b. *Fingerprinting (Traitor Tracing)*

Watermark yang berupa sidik jari digital disisipkan kedalam citra sebelum didistribusikan, dimaksudkan sebagai *copyright*, sehingga distributor dilarang menjual atau menggandakan citra tersebut.

Pemegang *copyright* dapat mengekstraksi *watermark* pada citra yang beredar secara ilegal, untuk mengetahui distributor mana yang menggandakannya, untuk selanjutnya dapat diproses hukum.

Syarat aplikasi ini yaitu *watermark* harus tidak tampak (*invisible*) dan kokoh (*robust*).

c. Aplikasi Medis

Watermark yang disisipkan pada citra medis, dapat dimaksudkan sebagai identitas pasien, atau diagnosis pasien. Untuk memudahkan dalam identifikasi pasien.

Syarat aplikasi ini yaitu *watermark* harus tidak tampak (*invisible*).

d. *Covert communication*

Watermark yang disisipkan pada citra dapat berupa informasi rahasia. Kemudian dikirim menggunakan sistem komunikasi *public* (umum), dan penerima dapat mengeskraksi untuk mendapatkan informasi yang terkandung didalamnya. Hal ini sama dengan *steganografi*.

e. *Piracy protection*

Watermark yang disisipkan kedalam citra digunakan untuk mencegah penggandaan ilegal yang dilakukan oleh *hardware*. Syarat dari aplikasi ini, yaitu aplikasi harus terkoneksi dan communicating dengan *hardware*.

Metode Spread Spectrum

Teknik penyisipan *watermark* dapat dilakukan pada domain spasial dan *transform*, menggunakan metode spasial dan *transform*. Teknik *watermarking* dengan metode spasial yaitu teknik penyisipan *watermark* kedalam *pixel* citra secara langsung. Kelebihan teknik ini yaitu lebih murah dan cepat, namun *watermark* tidak kokoh terhadap serangan atau manipulasi pada citra, pada umumnya.

Watermark yang kokoh dilakukan pada domain *transform*, dengan penyisipan kedalam koefisien transformasi frekuensi, dengan menggunakan metode *DWT (Discrete Wavelet Transform)*, *DCT (Discrete Cosine Transform)* dan *DFT (Discrete Fourier Transform)*.

Serangan operasi geometri, seperti rotasi, pergeseran, atau penskalaan, dapat diatasi oleh teknik *watermarking* domain *transform* misal *DFT*. Dengan Teknik *DFT*, *watermarking* kokoh terhadap operasi pergeseran dalam domain spasial, karena tidak berpengaruh terhadap magnitudo *DFT* [3]. Serangan manipulasi *cropping* juga dapat diatasi oleh Teknik *Watermark* pada domain *transform*. Dengan cara *watermark* disebarkan (*spread*) ke seluruh komponen frekuensi.

Metode atau teknik *spread spectrum watermarking* yaitu teknik penyisipan *watermark* dan pendeteksian *watermark* pada domain *transform*. Pada Teknik *spread spectrum*, citra ditransformasikan ke domain frekuensi terlebih dahulu, kemudian disisipkan bit *watermark* pada koefisien transformasi, menggunakan koefisien *DFT*, *DCT* atau *DWT*. Teknik *spread spectrum* yaitu penyisipan *watermark* menggunakan teknik analog dengan komunikasi *spread spectrum*, dimana *watermark* disebarkan (*spread*) ke banyak komponen frekuensi.

Penyisipan *watermark* dengan metode spread spectrum dilakukan pada domain frekuensi. Jadi sebelum *watermark* disisipkan, citra medis ditransformasikan terlebih dahulu menggunakan transformasi DCT. Begitu juga pada citra *watermark* yang akan disisipkan kedalam citra medis tersebut. Lalu koefisien citra medis dimodifikasi dengan menambahkan koefisien citra *watermark*. Kemudian dilakukan *inverse* DCT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

Konversi Citra *True Color* ke *Grayscale*

Citra *true color* yaitu representasi *image* atau citra berwarna yang mempunyai tiga komponen warna utama yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau) dan *Blue* (biru) atau RGB. Masing-masing komponen warna pada citra *true color* memiliki 256 kemungkinan tingkat nilai pada tiap *pixel*-nya. Sedangkan citra *grayscale* hanya mempunyai 2^8 atau 256 kemungkinan nilai pada *pixel*-nya. Nilai tersebut dimulai dari 0 (nol) untuk warna hitam dan 255 untuk warna putih. [4]

Mengkonversi citra *true color* menjadi citra *grayscale* yaitu dengan mengubah nilai *pixel* yang awalnya memiliki 3 (tiga) nilai yaitu R, G, dan B, menjadi 1 (satu) nilai yaitu *grayscale* (keabuan). Berikut adalah persamaan konversi citra *true color* menjadi citra *grayscale*:

$$K_i = (w_R R_i + w_G G_i + w_B B_i) \quad (1)$$

Dimana :

K_i : nilai *grayscale* pada *pixel* ke- i

w_R : bobot untuk elemen warna *Red*

w_G : bobot untuk elemen warna *Green*

w_B : bobot untuk elemen warna *Blue*

R_i : nilai intensitas elemen *Red* pada *pixel* ke- i

G_i : nilai intensitas elemen *Green* pada *pixel* ke- i

B_i : nilai intensitas elemen *Blue* pada *pixel* ke- i

Berikut bobot masing-masing komponen warna, sesuai dengan NTSC (*National Television System Committee*):

$$w_R = 0,299$$

$$w_G = 0,114$$

$$w_B = 0,587$$

Transformasi DCT (*Discrete Cosine Transform*)

Sebelum masuk teknik *spread spectrum* dilakukan, citra *watermark* dan citra yang akan disisipi *watermark*, harus

ditransformasikan menggunakan DCT 2 dimensi secara langsung.

Transformasi DCT citra yang berukuran $M \times N$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C(p, q) = \alpha_p \alpha_q \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m, n) \cos \frac{\pi(2m+1)p}{2M} \cos \frac{\pi(2n+1)q}{2N} \quad (2)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} 0 \leq p \leq M-1; 0 \leq q \leq N-1 & ; \\ \alpha_p = \begin{cases} 1/\sqrt{M}, & p=0 \\ \sqrt{2/M}, & 1 \leq p \leq M-1 \end{cases} ; \\ \alpha_q = \begin{cases} 1/\sqrt{N}, & q=0 \\ \sqrt{2/N}, & 1 \leq q \leq N-1 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

Pemilihan Posisi Penyisipan *Watermark*

Terdapat frekuensi high dan low pada transformasi DCT. Pemilihan posisi penyisipan *watermark* dapat berpengaruh terhadap perubahan citra. Penyisipan *watermark* pada koefisien frekuensi *high* akan mengakibatkan perubahan yang besar, sebaliknya penyisipan pada koefisien frekuensi *low* tidak mengakibatkan perubahan yang besar.

Pada transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT), koefisien frekuensi *high* terletak pada pojok kiri atas, sedangkan koefisien frekuensi *low* terletak pada pojok kanan bawah. Penyisipan *watermark* dilakukan pada frekuensi *high*, karena apabila dilakukan pada frekuensi *low*, *watermark* tidak dapat diekstraksi.

Penyisipan *Watermark*

Watermark W adalah citra yang akan disisipkan ke dalam citra medis yang juga harus ditransformasikan ke ranah frekuensi dengan menggunakan DCT. *Watermark* disisipkan kedalam koefisien DCT dengan cara mengubah komponen frekuensi v_i dari citra asal menjadi v'_i . Ada tiga formula yang dapat digunakan sebagai berikut: [5]

$$\begin{aligned} v'_i &= v_i + \alpha w_i \\ v'_i &= v_i (1 + \alpha w_i) \\ v'_i &= v_i (e^{\alpha w_i}) \end{aligned} \quad (4)$$

dimana :

v_i : deret n bilangan real yang mewakili n frekuensi yang dipilih untuk disisipi *watermark*.

w_i : deret n bilangan real yang merupakan frekuensi hasil transformasi citra *watermark* yang akan disisipkan ke dalam citra medis

v_i' : hasil penambahan w_i ke v_i .

α : sebuah konstanta yang menentukan seberapa besar w_i mempengaruhi v_i

Transformasi DCT Invers

Setelah dilakukan modifikasi terhadap koefisien citra medis, dilakukan *inverse DCT* untuk mengembalikan citra medis ke domain spasial sehingga koefisien citra medis berubah kembali menjadi nilai piksel dari citra medis yang telah ber-*watermark*. [4]

Persamaan *DCT* inversi adalah :

$$I(m, n) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \alpha_p \alpha_q C(p, q) \cos \frac{\pi(2m+1)p}{2M} \cos \frac{\pi(2n+1)q}{2N} \quad (5)$$

Berikut skema ekstraksi *watermark*:

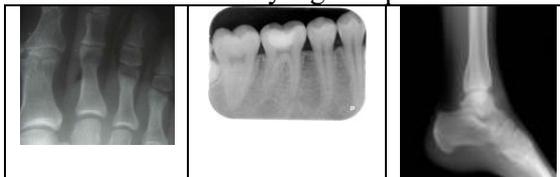
- Citra ber-*watermark* dianggap sebagai blok, lalu ditransformasi kedalam domain frekuensi dengan menggunakan *DCT*.
- Lakukan transformasi *DCT* terhadap citra asli atau citra yang belum diberi *watermark*.
- Selisih dari langkah a dan b dibagi α merupakan *watermark* yang diekstraksi. Tetapi α pada proses pengekstraksian harus sama dengan α pada proses penyisipan.
- Setelah diketahui *watermark* tersebut, kemudian di invers *DCT* sehingga hasil yang didapatkan berupa citra *watermark*.

Dengan metode ini, untuk pengekstraksian *watermark* membutuhkan citra awal yang belum disisipi *watermark*. *Watermark* pada menggunakan metode ini, kokoh terhadap serangan operasi pengolahan citra seperti *dithering*, konversi analog ke digital dan digital ke analog, *resampling*, rotasi, kompresi, pensakalaan dan translasi.

II. Hasil dan Pembahasan

Data Citra Medis

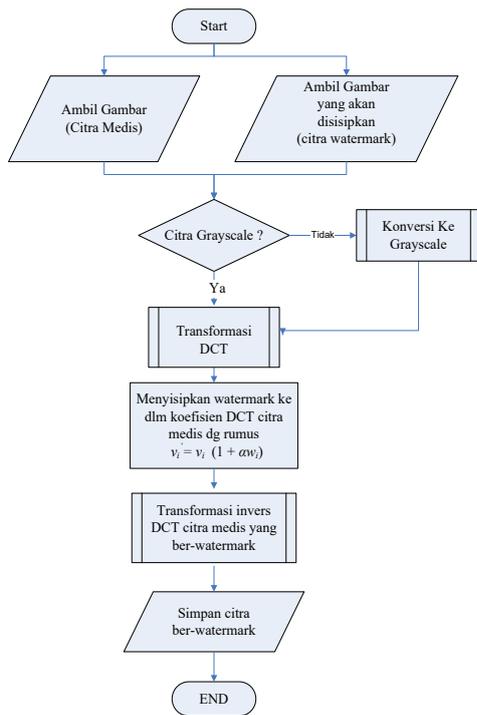
Berikut data masukan yang berupa citra medis.



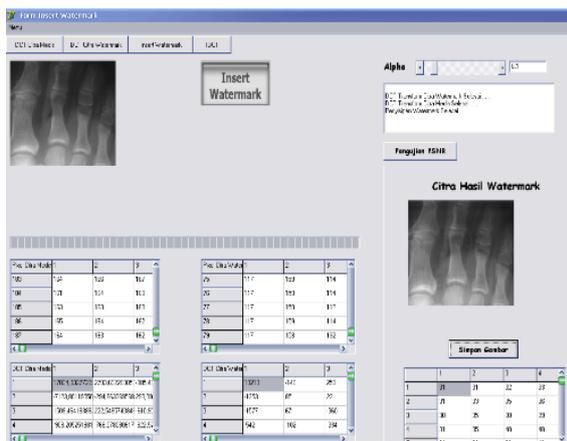
Gambar 1. Citra Medis

Penyisipan *Watermark*

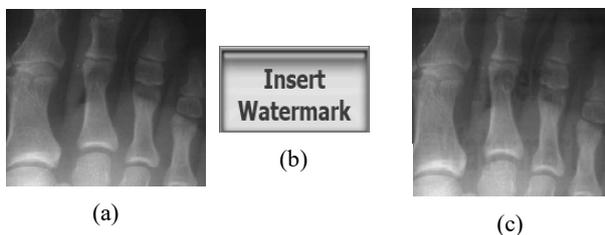
Penyisipan *watermark* dengan metode spread spectrum dilakukan pada domain frekuensi, untuk menghasilkan citra medis ber-*watermark* (*invisible watermark* / *watermark* tidak terlihat). Jadi sebelum *watermark* disisipkan, citra medis ditransformasikan terlebih dahulu ke domain frekuensi menggunakan transformasi *DCT*. Begitu juga pada citra *watermark* yang akan disisipkan kedalam citra medis tersebut. Lalu koefisien citra medis dimodifikasi dengan menambahkan koefisien citra *watermark*. Kemudian untuk mengembalikan data citra ke domain spasial dapat dilakukan *inverse DCT*. [5]



Gambar 2. Flowchart Penyisipan Watermark



Gambar 3. Form Penyisipan Watermark

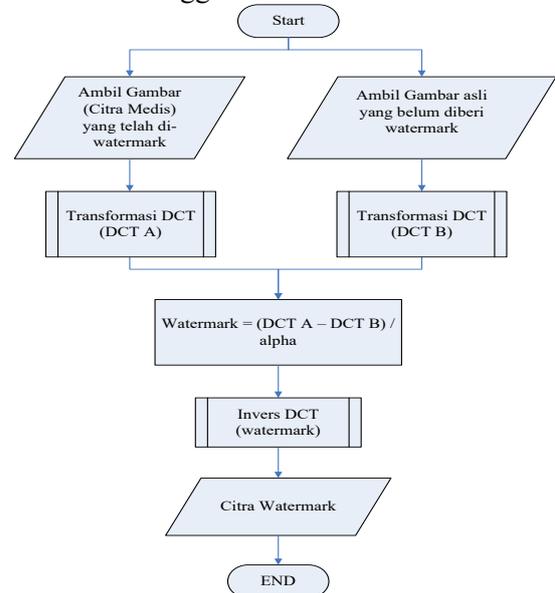


Gambar 4. (a) Citra Medis, (b) Citra Watermark Yang Akan Disisipkan (c) Citra Medis Berwatermark

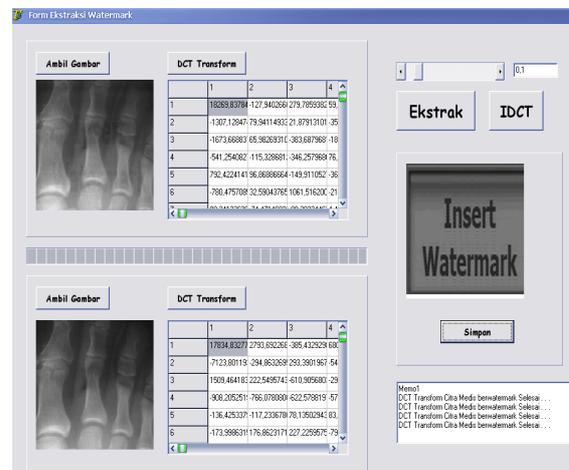
Pengekstraksian Watermark

Pengekstraksian Watermark ini dimaksudkan untuk memperoleh kembali watermark yang telah disisipkan pada citra medis. Pengekstraksian watermark mirip

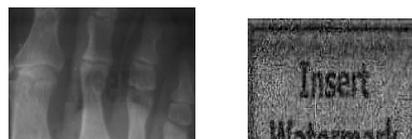
dengan penyisipan watermark. Tetapi pegekstraksian membutuhkan citra asli sebelum disisipi watermark untuk dibandingkan dengan citra ber-watermark. Kedua citra tersebut terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam domain frekuensi menggunakan transformasi DCT.



Gambar 5. Flowchart Pengekstraksian Watermark



Gambar 6. Form Pengekstraksian Watermark

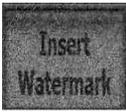


Gambar 7. (a) Citra Medis Setelah Disisipi Citra Watermark, (b) Citra Watermark Hasil

Pengujian Serangan

Berikut salah satu hasil pengujian terhadap serangan:

Tabel 1. Pengujian terhadap serangan kompresi

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

Tabel 2. Pengujian terhadap serangan rotasi

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

Tabel 3. Pengujian terhadap serangan pencerminan (flipping)

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

Tabel 4. Pengujian terhadap serangan cropping

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

Tabel 5. Pengujian terhadap serangan blurring

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

			
---	--	---	---

Tabel 6. Pengujian terhadap serangan resize

Citra Medis	Citra Watermark	Citra Medis Berwatermark Setelah Diberi Serangan	Citra Hasil Ekstraksi
			

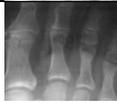
Pengujian PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)

Setelah dilakukan proses penyisipan watermark, kemudian dilakukan perhitungan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) untuk mengetahui kualitas citra medis yang telah disisipi watermark. Untuk menghitung PSNR, citra medis ber-watermark dibandingkan dengan citra medis asli yang belum disisipi watermark.



Gambar 8. Form Pengujian PSNR

Table 7. Tabel Alpha dan PSNR Citra berwatermark

Citra Medis	Nilai alpha	Nilai PSNR
	0,02	36,45
	0,1	27,92
	0,4	27,88

	0,7	27,71
---	-----	-------

III. Kesimpulan

Dari hasil pengujian di atas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Watermarking* dengan metode *Spread Spectrum* adalah *watermarking* pada ranah frekuensi, sehingga proses penyisipan maupun pengekstraksian harus melalui proses transformasi citra ke ranah frekuensi.
2. Transformasi citra *digital* menggunakan *Discrete Cosine Transform (DCT)* dilakukan dengan cara mengambil koefisien *DCT* dari citra tersebut. Koefisien *DCT* tersebut juga digunakan untuk merekonstruksi kembali citra, menggunakan *Inverse Discrete Cosine Transform (IDCT)*.
3. Penyisipan *watermark* dengan metode *Spread spectrum* ini tahan terhadap beberapa macam serangan seperti, kompresi, rotasi, pencerminan (*flipping*), *cropping*, *blurring* dan *resize*.
4. Pada proses penyisipan *watermark*, nilai α yang digunakan harus sama dengan nilai α dalam proses pengekstraksian.
5. Semakin tinggi nilai α , maka semakin besar pula perubahan nilai koefisien citra medis. Sehingga citra medis ber-*watermark* yang dihasilkan kualitasnya semakin menurun karena sudah terpengaruh koefisien citra *watermark*.

IV. Daftar Pustaka

- [1] A. Sugiharto and H. A. Wibawa. (2005). Ketahanan Watermarking terhadap serangan Kompresi JPEG, *Jurnal Matematika FMIPA UNDIP Semarang*, vol. April.
- [2] S. Rummi. (2006). Teknologi Watermarking pada Citra Digital". *Jurnal Ilmiah TELTRON*.
- [3] R. Munir. (2006). Sekilas Image Watermarking untuk Memproteksi Citra Digital dan Aplikasinya pada Citra Medis. Bandung: Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. (2006). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice-Hall, inc.
- [5] P. N. Andono, T. Sutojo and Muljono. (2018). *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: ANDI.