

IMPLEMENTASI NON BLIND WATERMARKING DENGAN DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) PADA GAMBAR WARNA

Titien S. Sukamto¹, Eko Hari Rachmawanto^{2*}, De Rosal Ignatius Moses Setiadi³,
Christy Atika Sari⁴

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

^{2,3,4}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian
Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol 207 Semarang 50131

*Email: eko.hari@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Teknik watermarking pada metode non blind telah dilakukan oleh beberapa peneliti namun masih menggunakan gambar grayscale. Pada makalah ini kami mengimplementasikan non blind watermarking pada gambar berwarna. Dengan layer Red, Green, dan Blue maka perlu tiga kali proses penyisipan yang terpisah. Hal ini juga berlaku untuk proses ekstraksi pesan. Algoritma yang digunakan adalah Discrete Cosine Transform (DCT) yang termasuk dalam domain frekuensi, hal ini menjadi salah satu kelebihan DCT karena domain frekuensi lebih tahan serangan dibanding domain spasial. DCT diimplementasikan pada koefisien DC. Keunggulan lain DCT yaitu tahan terhadap serangan kompresi gambar. Model operasi DCT yang menyebabkan banyak perubahan piksel telah dieliminasi oleh Discrete Wavelet Transform (DWT). Sehingga dalam makalah ini akan dilakukan kombinasi antara DCT dan DWT untuk non blind watermarking. Hasil pengujian pada 3 buah gambar berwarna yang dievaluasi menggunakan Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Structural Similarity Index Measurement (SSIM) pada proses penyembunyian pesan, sedangkan Cross Correlation (CC) digunakan untuk mengevaluasi proses ekstraksi pesan.

Kata kunci: Cross Correlation (CC), Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT), Structural Similarity Index Measurement (SSIM), watermarking

1. PENDAHULUAN

Gambar sebagai salah satu media populer yang digunakan oleh orang awam dalam berinteraksi dalam media sosial. Berbagi data antar pengguna media sosial sering kali membuat data tersebut rentan terhadap penyadapan dan replikasi data oleh pihak tidak berwenang tanpa disadari pemilik asli data (Zhou and Jin, 2012). Proteksi terhadap kepemilikan gambar, otentikasi data, *tamper proofing* dapat diimplementasikan melalui teknik *watermarking*.

Transformasi domain merupakan salah satu bentuk operasi pengolahan piksel yang dapat dilakukan pada media gambar. Pengolahan gambar lainnya yang biasa dilakukan yaitu pengimplementasian teknik clustering dan klasifikasi dengan sejumlah algoritma optimasi misalnya *Particle Swarm Optimization* (PSO). Transformasi domain dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan teknik pengolahan pikselnya, yaitu spasial domain dan frekuensi domain (Nana, 2016). Spasial domain diimplementasikan dengan cara menghitung matriks gambar secara langsung sedangkan pada frekuensi domain, gambar terlebih dahulu harus dijadikan dalam bentuk frekuensi terlebih dahulu. Frekuensi domain lebih tahan terhadap serangan pengolahan gambar dibanding dengan spasial domain. Pada frekuensi domain, beberapa algoritma yang sudah sering diterapkan yaitu *Fast Fourier Transform* (FT), *Discrete Cosine Transform* (DCT), dan lainnya.

Frekuensi domain sering digunakan dalam teknik *watermarking* dengan tujuan untuk *copyright protection* maupun otentikasi gambar. Dalam proses verifikasi data, *watermarking* terbagi menjadi dua yaitu *blind-watermarking* dan *non-blind watermarking*. Pada *blind-watermarking*, proses verifikasi data tidak membutuhkan gambar asli sedangkan *non blind-*

watermarking kebalikannya (Yong et al., 2009). *Non blind-watermarking*, pelabelan gambar dapat dilakukan menggunakan media teks, gambar maupun suara.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan proses penyisipan pesan berupa gambar ke dalam media yang juga dalam bentuk gambar melalui proses *watermarking* menggunakan algoritma *Discrete Cosine Transform* (DCT). DCT merupakan algoritma frekuensi domain dengan karakter yang sangat baik dalam *energy compaction* dan proses dekorelasi (Al-Gindy, Zorrilla and Beyrouti, 2015). Menurut (Gupta, Joshi and Sharma, 2015), DCT baik dalam hal kompresi gambar terutama pada *lossy compression* bahkan lebih baik dibanding Least Significant Bit (LSB). Menurut Ajib Susanto dalam penelitiannya dalam mengimplementasikan DCT, diketahui bahwa DCT mempunyai kualitas *invisibility* yang baik (Susanto et al., 2017). Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Shuai Liu, DCT telah diimplementasikan menggunakan kode fractal (Liu, Pan and Song, 2017), dan dapat pula dikombinasikan menggunakan algoritma genetika (Tyagi, Singh and Agarwal, 2017). DCT telah diimplementasikan menggunakan *Arnold Transform* dan *Wavelet Transform* (Gaur and Srivastava, 2017). DCT dapat diimplementasikan dalam gambar *grayscale* maupun gambar berwarna (Moosazadeh and Ekbatanifard, 2016).

2. DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT)

Discrete Cosine Transform (DCT) adalah metode untuk mengubah sinyal dari domain spasial ke domain frekuensi atau mengubah domain. Dalam makalah ini, DCT digunakan untuk mengubah gambar cover berukuran $M \times N$ piksel ke representasi frekuensi, dengan mengelompokkan piksel ke dalam blok 8×8 piksel dan mengubah blok piksel menjadi 64 koefisien DCT. Secara khusus, DCT adalah salah satu transformasi yang mirip dengan transformasi *fourier* dan *Discrete Fourier Transform* (DFT), tetapi hanya menggunakan bilangan *real*.

Menurut (Setiadi, Rachmawanto and Sari, 2017), DCT mempunyai karakteristik khusus sehingga cocok apabila digunakan pada teknik *watermarking*, antara lain:

- 1) Fitur dari sistem visual manusia (HVS) dapat ditanamkan ke dalam *watermarking* gambar dalam transformasi domain lebih efektif.
- 2) Energi dari sinyal hak cipta tertanam dalam transformasi domain akan menyebar ke semua piksel dalam domain spasial. Ini menguntungkan karena tidak terlihat secara kasat mata.
- 3) Dapat diimplementasikan dalam domain kompresi gambar dan kompresi standar video internasional, seperti JPEG, MPEG, H. 261, dan H.263 berbasis DCT.

Pada fungsi $C(u,v)$ dan $F(x,y)$ menunjukkan gambar *grayscale* 8-bit dengan $x = 1, 2 \dots M_1$ dan $y = 1, 2 \dots N_1$. Gambar ini dibagi menjadi 8×8 blok dan DCT dua dimensi (2D) dilakukan pada masing-masing $L = M_1 \times N_1 / 64$ blok. Definisi matematis DCT 2D dapat dilihat sesuai persamaan (1) dan persamaan (2).

$$C(u, v) = a(u)a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \times \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad (1)$$

$$f(x, y) = 1/x = \frac{2}{\sqrt{M \cdot N}} a(u)a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} C(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad (2)$$

3. DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT)

DWT merupakan salah satu domain frekuensi lain di mana *watermarking* dapat diimplementasikan. DCT dihitung pada blok piksel independen, menyebabkan kesalahan pengkodean diskontinuitas antar blok. Kelemahan DCT ini dapat dihilangkan menggunakan DWT. DWT dapat digunakan pada seluruh gambar. DWT menawarkan pemadatan energi yang lebih baik daripada DCT tanpa artifak pemblokiran apa pun.

LL	LH
HL	HH

Gambar 1. Model pembagian sub-band pada DWT

Berdasarkan Gambar 1, DWT membagi komponen ke dalam banyak *band* frekuensi yang disebut *sub-band* yang dikenal sebagai:

- LL - Secara horizontal dan rendah secara vertikal
- LH - Pass horizontal rendah dan pass tinggi vertikal
- HL - Pass horizontal tinggi dan pass rendah secara vertikal
- H - Pass horisontal dan vertikal tinggi

Karena mata manusia jauh lebih sensitif terhadap bagian frekuensi rendah (LL *subband*) maka DWT dapat digunakan untuk menyembunyikan pesan rahasia di tiga bagian lainnya tanpa membuat perubahan dalam LL *sub-band*. Karena tiga *sub-band* lainnya adalah *sub-band* frekuensi tinggi, mereka mengandung data yang tidak signifikan. Menyembunyikan data rahasia di *sub-band* ini tidak menurunkan kualitas gambar secara signifikan.

4. HASIL ESKPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini telah diilustrasikan simulasi dari kombinasi DCT-DWT. Percobaan dilakukan menggunakan MATLAB 2015b. dalam penelitian ini digunakan sejumlah gambar warna 24 bit digunakan sebagai gambar induk dalam ukuran 512x512 piksel yang ditunjukkan pada Gambar. 2. Sedangkan gambar pesan dalam ukuran 32x32 piksel yang akan disembunyikan menggunakan *watermarking* DCT-DWT dapat dilihat pada Gambar. 3.

Pada makalah ini, performa penyisipan pesan akan dihitung menggunakan *Mean Square Error* (MSE) pada persamaan (3), *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) sesuai persamaan (4) dan *Structural Similarity Index Measurement* (SSIM) sesuai persamaan (5). Sedangkan hasil ekstraksi pesan akan dihitung dengan *Cross Correlation* (CC) sesuai persamaan (6).

$$C(u, v) = a(u)a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \times \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad (3)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{M \times N}{MSE} \right) \quad (4)$$

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (5)$$

$$NCC(k) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (F_o(i, j, k) * F_w(i, j, k))}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N F_o(i, j, k)} \quad (6)$$

Pada proses penyembunyian pesan pada gambar berwarna, kami telah membuat fungsi DCT sesuai *pseudocode* berikut.

```

x=1; xx=1;
y=1; yy=1;
for (z=1:4096)
    subblock=dct2(Bc(x:x+7,y:y+7));
    subblock(1,1)= subblock(1,1)+((message(xx,yy)*fakt));
    watermarked_image(x:x+7,y:y+7)= idct2(subblock);
    if (x+8) >= n
        x=1; xx=1;
        y=y+8; yy=yy+1;
    else
        x=x+8; xx=xx+1;
    end
end
end

```



bird



sailboat



toys

Gambar 2. Gambar induk



Gambar 3. Gambar pesan

Pada Tabel. 1 di bawah ini, dapat dilihat perbandingan nilai PSNR dan SSIM pada setiap layer gambar.

Tabel 1. MSE, PSNR dan SSIM pada setiap layer gambar pada proses penyembunyian pesan

Nama Gambar	MSE			PSNR			SSIM		
	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
Birds	4.0612	4.0612	4.0612	42.0443	42.0443	42.0443	0.9883	0.9908	0.9886
Sailboat	4.0612	4.0612	4.0612	42.0443	42.0443	42.0443	0.9967	0.9974	0.9966
Toys	4.0611	4.0612	4.0612	42.0444	42.0443	42.0443	0.9957	0.9965	0.9950
Rata-rata	12.1835	12.1836	12.1836	126.133	126.1329	126.1329	2.9807	2.9847	2.9802

Berdasarkan Tabel 1, nilai MSE dan PSNR dari seluruh gambar dan pada semua layer tidak berbeda jauh. Nilai PSNR sudah memenuhi sistem penglihatan manusia dengan batasan 40 dB. Hasil gambar pada proses penyembunyian pesan secara kasat mata dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai SSIM pada layer *green* terlihat lebih tinggi dibanding layer *red* dan *blue*. Sedangkan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa nilai *Cross Correlation* (CC) pada semua gambar mendapat nilai sempurna.

Tabel 2. Nilai Korelasi pada proses ekstraksi pesan

Nama Gambar	CC		
	Red	Green	Blue
Birds	1	1	1
Sailboat	1	1	1
Toys	1	1	1



Toys asli



Watermarked toys



Sailboat asli



Watermarked toys

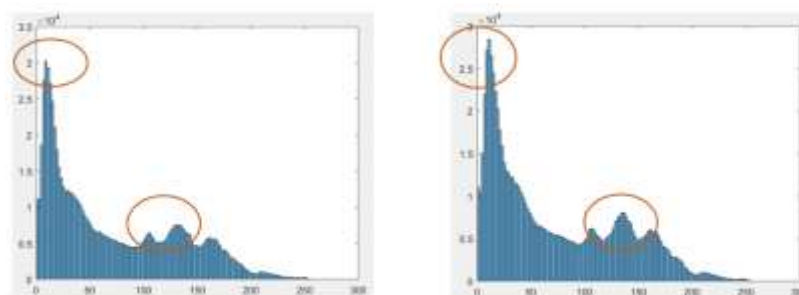


Bird asli



Watermarked toys

Gambar 3. Hasil penyembunyian pesan dengan DCT-DWT secara visual pada layer *Green*



Gambar 4. Perbandingan histogram toys.bmp: kiri: asli, kanan: hasil watermarking layer *green*

Pada Gambar 3, diketahui bahwa tidak terjadi perubahan yang berarti yang terjadi setelah proses *watermaking*. Nilai PSNR yang tinggi menyatakan bahwa pada gambar hasil *watermarking* tidak terjadi perubahan piksel berlebihan. Adapun sedikit perubahan piksel diilustrasikan sesuai histogram sesuai Gambar 4. Secara keseluruhan DCT-DWT telah melakukan proses *watermarking* pada tahapan penyembunyian dan ekstraksi dengan baik.

5. KESIMPULAN

Hybrid DCT-DWT telah diimplementasikan pada makalah ini. Hasil eksperimen yang dipaparkan membuktikan kehandalan DCT-DWT. Dari seluruh pengujian, PSNR telah melebihi standard dan menghasilkan nilai tertinggi 42.0444 dB pada layer *red* di gambar *toys*. Sedangkan nilai SSIM tertinggi yaitu 0.9966 pada gambar *sailboat* di layer *blue*. Sedangkan nilai CC yang diperoleh pada semua gambar yaitu 1. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk penyempurnaan teknik *waktermarking* pada model *blind watermarking*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Gindy, A., Zorrilla, A. M., and Beyrouti, B., (2015), 'DCT Watermarking Technique Using Image Normalization', in *2015 International Conference on Developments of E-Systems Engineering (DeSE)*. IEEE, pp. 145–149. doi: 10.1109/DeSE.2015.27.
- Gaur, S. and Srivastava, V. K., (2017), 'A hybrid RDWT-DCT and SVD based digital image watermarking scheme using Arnold transform', in *2017 4th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*. IEEE, pp. 399–404. doi: 10.1109/SPIN.2017.8049982.
- Gupta, G., Joshi, A. M., and Sharma, K., (2015), 'An efficient DCT based image watermarking scheme for protecting distribution rights', in *2015 Eighth International Conference on Contemporary Computing (IC3)*. IEEE, pp. 70–75. doi: 10.1109/IC3.2015.7346655.
- Liu, S., Pan, Z., and Song, H., (2017), 'Digital image watermarking method based on DCT and fractal encoding', *IET Image Processing*, 11(10), pp. 815–821. doi: 10.1049/iet-ipr.2016.0862.
- Moosazadeh, M., and Ekbatanifard, G., (2016), 'Robust image watermarking algorithm using DCT coefficients relation in YCoCg-R color space', in *2016 Eighth International Conference on Information and Knowledge Technology (IKT)*. IEEE, pp. 263–267. doi: 10.1109/IKT.2016.7777788.
- Nana, Z., (2016), 'Watermarking algorithm of spatial domain image based on SVD', in *2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)*. IEEE, pp. 361–365. doi: 10.1109/ICALIP.2016.7846588.
- Setiadi, D. R. I. M., Rachmawanto, E. H., and Sari, C., (2017), 'Secure Image Steganography Algorithm Based on DCT with OTP Encryption', *Journal of Applied Intelligent System (JAIS)*, 2(1), pp. 1–11.
- Susanto, A. et al., (2017), 'Hybrid Method using HWT-DCT for Image Watermarking', in *5th International Conference on Information Technology for Cyber and IT Service Management (CITSM 2017)*.
- Tyagi, S., Singh, H. V., and Agarwal, R., (2017), 'Image watermarking using genetic algorithm in DCT domain', in *2017 International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. IEEE, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICISC.2017.8068743.
- Yong, Z. et al., (2009), 'A Blind Watermarking Algorithm Based on Block DCT for Dual Color Images', in *2009 Second International Symposium on Electronic Commerce and Security*. IEEE, pp. 213–217. doi: 10.1109/ISECS.2009.207.
- Zhou, Y., and Jin, W., (2012), 'A robust digital image multi-watermarking scheme in the DWT domain', in *2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012)*. IEEE, pp. 1851–1854. doi: 10.1109/ICSAI.2012.6223407.