

ROBUST COLOR IMAGE WATERMARKING DENGAN KOMBINASI TRANSFORMASI DCT-DWT UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN DARI KOMPRESI JPEG

De Rosal Ignatius Moses Setiadi¹, Abdul Syukur², Ferda Ernawan³

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang 50131
E-mail :moses.dinus@gmail.com

^{3,2}Program Pasca Sarjana Magister Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang 50131
E-mail :abah.syukur@yahoo.com, ferda1902@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini perkembangan teknologi semakin pesat sehingga pendistribusian citra digital semakin praktis, bahkan citra digital juga dapat di akses melalui perangkat mobile. Pengaksesan citra digital melalui perangkat mobile membuat citra digital sering mengalami proses kompresi, oleh karena itu dibutuhkan skema image watermarking yang lebih tahan terhadap kompresi citra dan tidak kasat mata. Pada penelitian ini akan diusulkan skema image watermarking dengan model kombinasi transformasi DCT-DWT yang dapat meningkatkan ketahanan image watermarking terhadap kompresi JPEG. Selain itu diusulkan penggunaan konversi ruang warna pada citra RGB ke ruang warna YCbCr yang dapat mengoptimalkan karakteristik penglihatan manusia untuk 24-bit true color image dalam konten multimedia pada berbagai perangkat serta optimalisasi ketahanan image watermarking pada citra digital terhadap kompresi citra JPEG.

Kata kunci : Image Watermarking, Kombinasi DCT-DWT, Kompresi JPEG

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang internet dan *image processing* saat ini semakin pesat. Dampak positif kemajuan teknologi ini membuat penyebaran citra digital semakin praktis bahkan saat ini citra digital tidak hanya diakses dari komputer personal (PC) tetapi juga dari *mobile devices* seperti telepon seluler, *smart phone*, tablet PC [1],[2]. Semakin praktisnya penyebaran citra digital berdampak negatif pada mudahnya penyalinan citra digital secara ilegal dengan memodifikasi citra digital kemudian mendistribusikan kembali citra digital tanpa memperhatikan hak cipta / copyright yang ada pada citra tersebut [1], [3], [4].

Menurut [5], pemilik hak cipta di Indonesia terus mengalami kerugian akibat pembajakan. Pada industri perekaman terus mengalami peningkatan kerugian dari tahun 2004 hingga tahun 2008 merugi sebesar 20.0 juta dollar dengan tingkat pembajakan 95%, tentunya citra digital juga termasuk didalamnya. Hal ini menunjukkan tingkat pembajakan yang sangat besar dan memprihatinkan. Oleh karena itu, beberapa sarana teknis diperlukan untuk melindungi hak cipta pemilik citra digital tersebut [1],[6], terutama pada citra digital yang penting dan memiliki nilai tinggi seperti: seni fotografi, citra medis, dan citra hasil penelitian. Menurut [4], [6],[7], penggunaan *image watermarking* untuk sekarang ini dianggap sebagai salah satu solusi yang cukup ampuh untuk memecahkan masalah pengidentifikasian pemilik dan hak cipta.

Skema penyisipan dalam image watermarking dapat dilakukan baik dengan spasial domain atau frekuensi domain [8], [9], [10]. Spasial domain adalah penyisipan *copyright* pada citra digital dengan memanipulasi langsung piksel-piksel pada citra digital tersebut. Penyisipan *copyright* dengan cara ini lebih mudah dan sederhana untuk di implementasikan, namun lemah terhadap berbagai macam manipulasi citra yang dapat menghilangkan *watermark*. Sedangkan penyisipan *copyright* dalam frekuensi domain jauh lebih tahan (*robust*) terhadap berbagai manipulasi citra digital [9], [11], [12], [13].

Transformasi domain merupakan pendekatan transformasi matematika yang dikenakan pada citra yang bertujuan untuk mentransformasi citra dari spasial domain menjadi frekuensi domain. *Discrete Furier Transform* (DFT), *Discrete Cosine Transform* (DCT), *discrete wavelet transform* (DWT), merupakan tranformasi yang paling banyak digunakan pada *image watermarking* [7], [12], [14], [15]. Transformasi DCT dan DWT juga merupakan transformasi standar yang di hunakan pada JPEG dan JPEG 2000 [16]. Pada *image watermarking* transformasi domain dilakukan sebelum citra digital (*host image*) disisipi *copyright*. Selanjutnya *copyright* disisipkan dengan beberapa metode seperti PN *sequence* dalam penelitian [7], [9]. PN *sequence* disini berfungsi untuk menghasilkan bilangan *biner random* yang berfungsi sebagai patokan penyebaran *copyright*. Setelah disisipi *copyright* pada frekuensi domain dilakukan tranformasi *inverse* untuk mengembalikan dari frekuensi domain ke spasial domain.

Pada saat ini banyak skema baru yang mengkombinasikan dua atau lebih transformasi untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal seperti yang telah diusulkan oleh [7], [9], [10], [17],[18] yang menggunakan kombinasi DCT-DWT. Penggunaan kombinasi transformasi ini telah terbukti menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan salah satu transformasi saja pada *image grayscale*. Sampai saat ini penggunaan salah satu transformasi pada *24-bit true color image* (RGB), seperti DCT atau DWT saja telah banyak digunakan seperti pada penelitian [2], [3], [19], [20], [21] yang menggunakan transformasi DWT dan seperti pada penelitian [22] yang menggunakan transformasi DCT sedangkan kombinasi transformasi ini belum banyak digunakan.

Setelah dilakukan review tentang beberapa *conference*, jurnal dan mengetahui masalah yang ada maka akan diusulkan untuk mengembangkan skema *image watermarking* dengan kombinasi transformasi domain DCT-DWT berbasis PN *sequence* untuk menyisipkan *copyright* pada *24-bit true color image*, dan menggunakan konversi warna RGB ke YCbCr dengan tujuan:

1. Meningkatkan ketahanan *image watermarking* dari kompresi citra JPEG.
2. Mengevaluasi dan membuktikan metode kombinasi DWT-DCT pada penelitian sebelumnya untuk diterapkan pada *24-bit true color image* serta membandingkan kembali dengan salah satu transformasi DCT, DWT, dan kombinasi DCT-DWT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konversi Warna

Padapenelitian ini akan menggunakan citra RGB sebagai citra *host*. Setiap elemen yang ada pada citra RGB memiliki intensitas yang sama kuat dalam *Human Visual System*(HVS). Berbeda dengan komponen warna RGB, komponen YCbCr (*luminance, chrominance blue, chrominance red*) memiliki kelebihan dalam pengolahan citra digital. Menurut [23], salah satu hal yang mempengaruhi HVS adalah *luminance*, oleh karena itu perubahan konversi warna RGB menjadi YCbCr, diharapkan dapat mengoptimalkan ketahanan terhadap pengujian kompresi dan *invisibility copyright*. Berikut merupakan rumus untuk melakukan konversi warna dari RGB ke YCbCr:

$$= \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5 & + 128 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 & 128 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Berikut merupakan rumus untuk menkonversi kembali dari YCbCr ke RGB:

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.402 & 0 \\ 1 & -0.34414 & -0.7414 & - 128 \\ 1 & 1.772 & 0 & 128 \end{pmatrix} \quad (2)$$

2.2. 2D-Discrete Cosine Transform (DCT2)

Penggunaan DCT pada pengolahan citra digital biasanya dilakukan dengan membagi citra kedalam bagian-bagian kecil atau sub blok dengan ukuran standar 8x8 piksel[16]. Sub blok 8x8 piksel tersebut akan menghasilkan 64 koefisien yang terdiri dari 1 koefisien DC dan 63 koefisien AC. Penelitian tentang DCT terus dilakukan hingga digunakan pada *image watermarking*. DCT memiliki beberapa alasan untuk digunakan dalam *image watermarking* menurut [23], yaitu:

- a. Fitur dari sistem visual manusia (HVS) dapat dimasukkan ke dalam *imagewatermarking* dengan transformasi domain lebih efektif.
- b. Energi dari sinyal pesan yang disisipkan dalam transformasi domain akan tersebar ke semua piksel. Hal ini menguntungkan untuk tidak terlihat (*invisible*).
- c. Dapat diimplementasikan dalam domain kompresi citra internasional dan kompresi videostandar, seperti JPEG, MPEG, H. 261, dan H. 263 yang berbasis DCT.

Berikut merupakan rumus dari fungsi *dct2()* yang ada pada matlab R2010a:

$$= \cos \frac{(2 + 1)}{2} \cos \frac{(2 + 1)}{2} \quad \begin{matrix} 0 \leq & \leq & -1 \\ 0 \leq & \leq & -1 \end{matrix} \quad (3)$$

dimana

$$= \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{-}}, & = 0 \\ \frac{2}{-}, & 1 \leq \leq -1 \end{cases} \quad (4)$$

dan

$$= \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{-}}, & = 0 \\ \frac{2}{-}, & 1 \leq \leq -1 \end{cases} \quad (5)$$

M dan N merupakan baris dan kolom pada matrik A (inputan sub blok), sedangkan matrik B merupakan variable untuk menyimpan hasil dari fungsi *dct2()* dimana besar matrik A dan B sama [24],[25]. Penggunaan DCT sudah banyak digunakan pada skema *image watermarking* seperti pada penelitian [23] *et al.* Menurut analisis kuantitatif dan hasil eksperimen besarnya DCT komponen menunjukkan bahwa *copyright* lebih kuat jika disisipkan pada komponen DC[23]. Penyisipan *copyright* pada DC koefisien juga dilakukan pada [26], [27], [28]. Pada penelitian ini akan menggunakan koefisien DC untuk penyisipan *copyright*.

idct2() merupakan fungsi dalam matlab untuk mengembalikan frekuensi domain ke spasial domain, tentunya frekuensi domain yang sebelumnya terbentuk melalui proses DCT. Berikut merupakan rumus *idct2* yang ada pada matlab:

$$= \cos \frac{(2 + 1)}{2} \cos \frac{(2 + 1)}{2}, \quad 0 \leq \leq -1 \quad (6)$$

dimana

$$= \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{-}}, & = 0 \\ \frac{2}{-}, & 1 \leq \leq -1 \end{cases} \quad (7)$$

dan

$$= \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{-}}, & = 0 \\ \frac{2}{-}, & 1 \leq \leq -1 \end{cases} \quad (8)$$

B akan mengembalikan nilai dari *inverse* DCT dari A dimana besar matrik A dan B sama. M dan N merupakan baris dan kolom pada matrik A [24],[25].

2.3. 2D-Discrete Wavelet Transform (DWT2)

Belakangan ini DWT mulai sering digunakan sebagai transformasi domain dalam image watermarking karena dapat melakukan lokalisasi spasial dengan baik dan memiliki karakteristik multi resolusi yang sesuai dengan teori model human visual system (HVS)[7]. Untuk citra 2-D, penerapan 2-D DWT sesuai dengan pengolahan citra dengan filter 2-D dalam setiap dimensi. Filter tersebut akan mendekomposisi citra input menjadi empat frekuensi sub-band multi-resolusi, LL LH, HL dan HH[7],[29].

LL	HL
LH	HH

Gambar 1. Sub-band pada DWT

LL merupakan *approximation* dari citra, HL merupakan *wavelet* dari variasi secara horizontal atau baris, LH merupakan *wavelet* dari variasi secara vertikal atau kolom, dan HH merupakan *wavelet* dari variasi secara diagonal. Koefisien LL memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan koefisien lain yaitu memiliki pendekatan yang optimal untuk citra asli karena sebagian besar energi gambar berkonsentrasi pada frekuensi ini[7],[10],[29].

DWT terdiri dari dua proses yaitu dekomposisi dan rekonstruksi. Berikut merupakan rumus untuk melakukan proses dekomposisi pada DWT[30]:

$$C_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{m}} \sum_{k=0}^{m-1} \Psi_{i,k} C_{k,j} \quad (9)$$

$$C_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} \Psi_{i,k} C_{k,j} \quad (10)$$

dimana:

i = wavelet {HL,LH,HH}
 m,n = ukuran citra

Inverse DWT merupakan kebalikan, sama halnya dengan idct2. idwt2 berfungsi untuk merekonstruksi frekuensi domain menjadi spasial domain sehingga mendapatkan citra digital semula. Berikut merupakan rumus untuk melakukan proses rekontruksi pada DWT [30]:

$$C_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{m}} \sum_{k=0}^{m-1} C_{k,j} \Psi_{i,k} + \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} C_{k,j} \Psi_{i,k} \quad (11)$$

dimana:

i = wavelet {HL,LH,HH}
 M, N = ukuran citra

2.4. Kompresi JPEG

Joint Photographic Experts Group (JPEG) merupakan standar dunia untuk kompresi citra digital. Kompresi JPEG terdiri dari dua algoritma utama kompresi, yaitu kompresi *lossy* dan *losseles* [16], [31]. Selain itu untuk kompresi JPEG standar menggunakan transformasi berbasis DCT, yang terdiri dari dua proses utama yaitu *encoder* dan *decoder*.

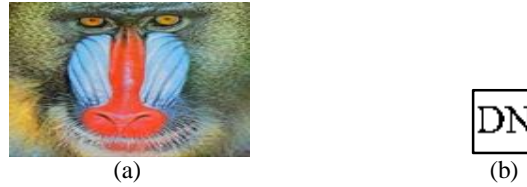
3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Tahap ini langkah pertama dari suatu penelitian. Ada dua macam jenis pengumpulan data, yaitu data primer dan data sekunder. Berikut merupakan jenis data pada penelitian ini:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari penelitian. Data primer pada penelitian ini yaitu citra standar internasional (citra baboon) untuk penelitian citra digital, citra memiliki ukuran 512x512 piksel 24-bit *true color image*. Sedangkan citra *copyright* yang digunakan merupakan citra black and white dengan ukuran 32x32 piksel. Dibawah ini merupakan gambar dari citra *host* dan citra *copyright* yang digunakan:



Gambar 2. (a) Citra *host* yang digunakan dengan *zoom out* 25%, (b) Citra *copyright black and white*

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari studi literatur yang dilakukan. Sumber dari studi literatur yaitu jurnal, makalah ilmiah atau buku yang membahas tentang penelitian *image watermarking*.

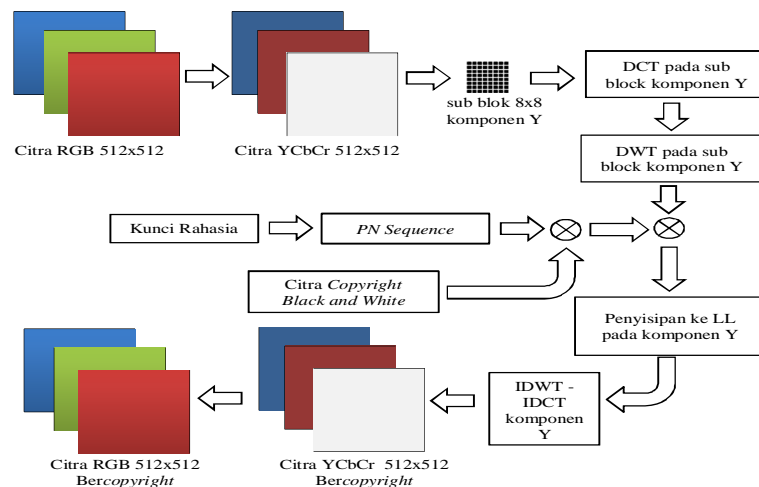
3.2. Eksperimen dan Pengujian Metode

Metode pengujian ini mengikuti cara pengukuran yang dilakukan pada penelitian [7] *et al* yaitu dengan mengukur *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dari hasil *output image watermarking*. Pada penelitian ini juga akan menggunakan *full error* dan MSE untuk pengukuran kualitas citra.

Model yang diusulkan juga akan dibandingkan dengan metode tradisional menggunakan DCT, DWT dan metode yang merujuk dari penelitian [7]. Pengujian kekuatan *copyright* akan diuji dengan dengan kompresi JPEG. Setelah *image watermarking* dikompresi, *copyright* akan di ekstraksi kembali. Hasil ekstraksi dari *copyright* juga akan diukur dengan *full error*, MSE, dan PSNR. Berikut merupakan formula dari *full error*, MSE, dan PSNR:

3.3. Metode Yang Diusulkan

Pada design ini transformasi DCT dilakukan terlebih dahulu lalu diikuti dengan transformasi DWT serta penyisipan *copyright* menggunakan PN Sequence. Berikut merupakan visualisasi proses penyisipan *copyright*:



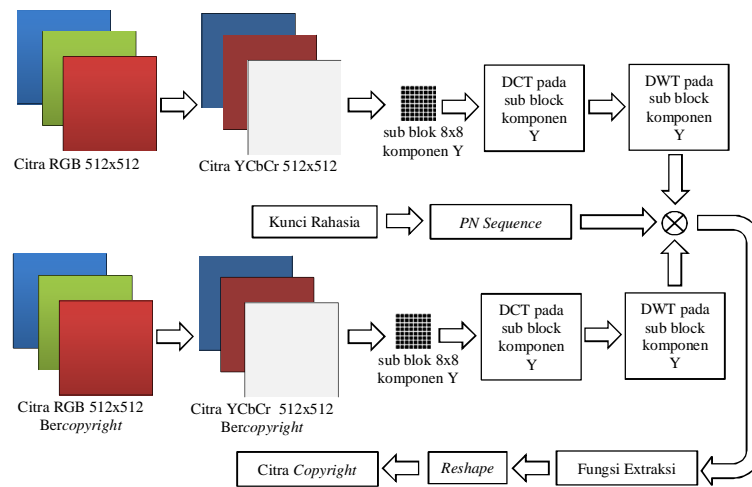
Gambar 3. Skema penyisipan *copyright* dengan kombinasi DCT-DWT

Berikut merupakan penjelasan dari tahapan pada gambar penyisipan *copyright*:

1. Citra RGB original dikonversikan menjadi citra YCbCr.
2. Pada saat yang sama PN *sequence* dikorelasikan dengan kunci sehingga menghasilkan bilangan biner acak yang berfungsi menyebarkan penyisipan *copyright*.

3. Setelah citra dilakukan konversi menjadi YCbCr. Komponen Y atau luminance ditransformasikan dengan transformasi DCT dengan sub blok 8x8 dilanjutkan dengan transformasi DWT. Sedangkan komponen Cb dan Cr tidak ditransformasikan dan digunakan kembali pada saat konversi YCbCr ke RGB.
4. Citra *copyright* disisipkan kedalam sub-band LL secara acak dengan bilangan biner acak dari hasil korelasi PN *sequence* dengan kunci.
5. Setelah *copyright* disisipkan dilakukan *inverse* DWT lalu diikuti dengan *inverse* DCT pada komponen *luminance* sehingga menjadi citra *bercopyright luminance*.
6. Setelah menjadi citra YCbCr yang sudah disisipi *copyright*, diubah kembali menjadi citra dengan komponen RGB. Citra *bercopyright* RGB yang baru disimpan dengan fungsi *imwrite()* pada matlab.

Sedangkan untuk ekstraksi *copyright* menggunakan metode *non-blind* atau membutuhkan citra original untuk melakukan ekstraksi.



Gambar4. Skema ekstraksi *copyright* dengan kombinasi DCT-DWT

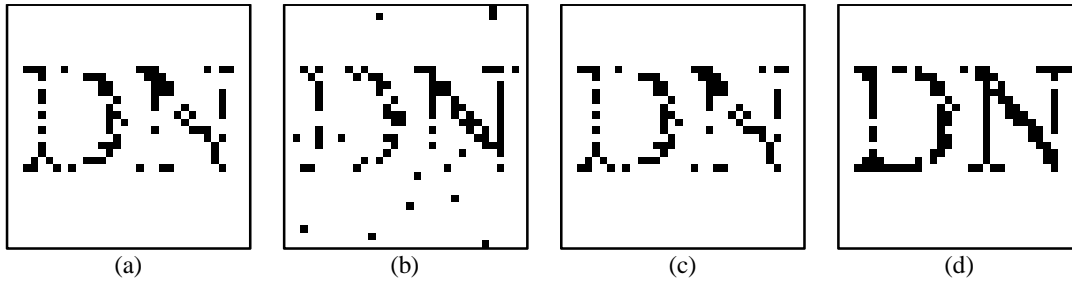
Berikut merupakan penjelasan dari tahapan pada gambar ekstraksi *copyright*:

1. Citra RGB original dikonversikan menjadi citra YCbCr dan pada saat yang sama PN *sequence* dikorelasikan dengan kunci sehingga menghasilkan bilangan biner acak yang berfungsi menyebarkan penyisipan *copyright*.
2. Dilakukan proses transformasi DCT diikuti dengan DWT pada komponen Y dengan sub blok 8x8.
3. PN *sequence* dikorelasikan dengan kunci sehingga menghasilkan bilangan biner acak yang berfungsi menyebarkan penyisipan *copyright*.
4. Fungsi ekstraksi dilakukan perbandingan antara sub-band LL komponen Y citra original dan citra *bercopyright* berdasarkan PN *Sequence*. Hasil perbandingan disimpan pada sebuah vektor.
5. Mengubah hasil ekstraksi yang masih dalam bentuk vektor menjadi bentuk matrik (dengan fungsi *Reshape*).
6. Hasil dari IDCT yang masih berupa nilai *double* diubah menjadi *integer*. Hasil perubahan dari *double* ke *integer* inilah yang merupakan citra *copyright* hasil ekstraksi, selanjutnya citra disimpan dengan fungsi *imwrite()*.

Untuk menguji ketahanan *image watermarking* maka citra akan diuji dengan kompresi *lossy* JPEG. Dari situ akan dihitung nilai *full error*, MSE, PSNR dari citra *copyright* hasil ekstraksi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN SEMENTARA

Berikut akan ditunjukkan citra *copyright* hasil ekstraksi pada gambar dibawah ini, dimana hasil ekstraksi dengan metode DCT-DWT terlihat lebih jelas lebih baik secara kasat mata manusia dibandingkan dengan metode transformasi DCT, DWT, dan kombinasi DWT-DCT.



Gambar 5. Perbandingan citra *copyright* hasil ekstraksi dengan metode (a) DCT , (b) DWT, (c) DWT-DCT, dan (d) DCT-DWT dengan *zoom in* 400%

Tabel berikut merupakan nilai rata-rata dari masing-masing metode:

Tabel 1. Hasil penyisipan *copyright* pada citra Babbon

Metode	DCT	DWT	DWT-DCT	DCT-DWT
Full Error	0.861	0.531	0.861	0.689
MSE	1.616	1.611	1.616	1.613
PSNR	46.046	46.060	46.046	46.055

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa penyisipan *copyright* dengan DWT padacitra yang diujikan pada penelitian ini mendapatkan hasil yang terbaik baik pada *full error*, MSE, dan PSNR.Sedangkan metode kombinasi transformasi DCT-DWT mendapat hasil yang cukup baik setelah metode DWT.

Tabel 2.Hasil ekstraksi *copyright* pada citra Baboon

Metode	DCT	DWT	DWT-DCT	DCT-DWT
Full Error	12.949	15.938	12.949	5.229
MSE	3302.051	4064.063	3302.051	1333.520
PSNR	11.856	10.954	11.856	15.794

Sedangkan ekstraksi *copyright* dengan DWT pada citra yang diujikan pada penelitian ini mendapatkan hasil yang terburuk baik pada *full error*, MSE, dan PSNR.Sedangkan metode dengan kombinasi DCT-DWT mendapatkan hasil yang terbaik.

5. PENUTUP

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengusulan kombinasi transformasi DCT-DWT menghasilkan *image watermarking* yang lebih baik dan tahan terhadap pengujian kompresi JPEG. Hal ini terbukti dengan hasil full error, MSE, dan PSNR pada citra *copyright*hasil ekstraksi.
2. Pengusulan skema kombinasi transformasi DCT-DWT memiliki potensi untuk menjadi skema transformasi untuk penelitian berikutnya pada *image watermarking*. *Image watermarking* dengan kombinasi transformasi DCT-DWT menghasilkan output *image* dengan kualitas yang lebih baik dan *error* rekonstruksi citra kecil dari pada metode DCT, DWT dan DWT-DCT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruiling Zhu and Xin Wang, "Effecient Digital Watermarking in DCT Domain," in *International Forum on Information Technology and Applications*, Chengdu, 2009, pp. 587-590.
- [2] JungHee Seo and HungBog Park, "Color Images Watermarking of Multi-Level Structure for Multimedia Services," in *International Conference on Convergence Information Technology*, Hydai Hotel Gyeongui, Korea, 2007, pp. 854-850.
- [3] Song Qiang and Zhang Hongbin, "Color Image Self-Embedding and Watermarking Based on DWT," in *International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*, 2010, pp. 796-799.

- [4] Satish R Todmal and Ramesh Y Mali, "Robust Digital Watermarking by Discrete Cosine Transforms," in *International Conference on Machine Learning and Computing (ICMLC)*, vol. 4, 2011, pp. 40-44.
- [5] Alliance International Intellectual Property (IIPA), "International Intellectual Property Alliance 2009 Special 301 Report on Copyright Protection and Enforcement," International Intellectual Property Alliance, Copyright Protection and Enforcement 2009.
- [6] Keshav S Rawat and Dheerendra S Tomar, "Digital Watermarking Schemes for Authorization Against Copying or Piracy of Color Images," *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 295-300, December 2010.
- [7] Ali Al-Haj, "Combined DWT-DCT Digital Image Watermarking," *Journal of Computer Science*, vol. 3, pp. 740-746, September 2007.
- [8] Jagdish C Patra, Jiliang E Phua, and Deepu Rajan, "DCT Domain Watermarking Scheme Using Chinese Remainder Theorem For Image Authentication," in *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 2010, pp. 111-116.
- [9] S.A. Kasmani and A. Naghsh-Nilchi, "A New Robust Digital Image Watermarking Technique Based on Joint DWT-DCT Transformation," in *Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*, Busan , 2008, pp. 539 - 544.
- [10] Wang Na, Wang Yunjin, and Li Xia, "A Novel Robust Watermarking Algorithm Based on DWT and DCT," in *International Conference on Computational Intelligence and Security*, 2009, pp. 437 - 441.
- [11] Dongeun Lee, "Genetic Algorithm-Based Watermarking in Discrete Wavelet Transform Domain," in *Intelligent Computing*, De-Shuang Huang, Kang Li, and George Irwin, Eds.: Springer Berlin / Heidelberg, 2006, pp. 709-716.
- [12] Kapre Bhagyashri S and Joshi M Y, "Robust image watermarking based on singular value decomposition and discrete wavelet transform," in *3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, vol. 5, 2010, pp. 337-341.
- [13] Ingemar J Cox, Matthew L Miller, Jeffrey A Bloom, Jessica Fridrich, and Ton Kalker, *Digital Watermarking and Steganography*, 2nd ed., Elsevier Inc, Ed.: Morgan Kauffman, 2008.
- [14] A H. Taherinia and M Jamzad, "A Robust Image Watermarking using Two Level DCT and Wavelet Packets Denoising," in *International Conference on Availability Reliability and Security*, 2009, pp. 150-157.
- [15] P Meerwarld and A Uhl, "A Survey of Wavelet-Domain Watermarking Algorithms," in *SPIE Symposium, Electronic Imaging, Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents*, vol. 4314, San Jose, 2001, pp. 505-516.
- [16] Al Bovik, *The Essential Guide to Image Processing*. Texas, Austin: Elsevier Inc., 2009.
- [17] Liu Ping Feng, Liang Bin Zheng, and Peng Cao, "A DWT-DCT Based Blind Watermarking Algorithm for Copyright Protection ," in *IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, Chengdu , 2010 , pp. 455 - 458.
- [18] Wang Huai-bin, Yang Hong-liang, Wang Chun-dong, and Wang Shao-ming, "A New Watermarking Algorithm Based on DCT and DWT Fusion," in *International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE)*, Wuhan, 2010, pp. 2614 - 2617.
- [19] Chen Yongqiang, Zhang Yanqing Peng Lisen, and Peng Lisen, "A Novel Optimal Color Image Watermarking Scheme," in *Third International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*, 2009, pp. 121-124.
- [20] Fanzhi Kong and Yizhun Peng, "Color Image Watermarking Algorithm Based On HSI Color Space ," in *International Conference on Industrial and Information Systems* , 2010, pp. 464-467.
- [21] Samira Mabtoul, El hassan, Ibn Elhaj, and Driss Aboutajdine, "Robust Color Image Watermarking Based on Singular Value Decomposition and Dual Tree Complex Wavelet Transform," in *IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)* , Marrakech , 2007, pp. 534 - 537.
- [22] Zheng Jiang-bin, Zhang Yan-ning, Feng Da-gan, and Zhao Rong-chun, "Color Image Watermarking Based on DCT-Domains of Color Channels," in *Proceedings of IEEE TENCON*, 2002, pp. 281-284.
- [23] Jiwu Huang, Yun Q Shi, and Yi Shi, "Embedding Image Watermarks in DC Components," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 974 - 979, September 2000.
- [24] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Thomas Kailat, Ed.: Prentice Hall, 1989.
- [25] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *PEG: Still Image Data Compression Standard*, Van Nostrand Reinhold, Ed. New York, United States of America: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [26] V Santhi and Prof Arunkumar Thangavelu, "DC Coefficients Based Watermarking Technique for color Images Using Singular Value Decomposition," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 3, February 2011.
- [27] Muhammad Imran Khan and Varun Jeoti, "A Blind Watermarking Scheme Using Bitplane of DC Component for JPEG Compressed Images," in *International Conference on Emerging Technologies (ICET)*, 2010, pp. 150-154.
- [28] Gaorong Zeng and Zhengding Qiu, "Image Watermarking Based on DC Component in DCT," in *International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops*, 2008, pp. 573-576.
- [29] Na Li, Xiaoshi Zheng, Yanling Zhao, Huimin Wu, and Shifeng Li, "Robust Algorithm of Digital Image Watermarking Based on Discrete Wavelet Transform," in *International Symposium Electronic Commerce and Security*, Guangzhou, 2008, pp. 942-945.
- [30] Zhengmao Ye Mohamadian and H. Yongmao Ye, "Information Measures for Biometric Identification via 2D Discrete Wavelet Transform," in *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, 2007.
- [31] Gregory K Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *IEEE Consumer Electronics Society*, vol. 38, no. 1, pp. 18-34, February 1992.