

WATERMARKING CITRA GRAYSCALE MENGGUNAKAN DICRETE COSINE TRANSFORM

Daurat Sinaga¹, Cahaya Jatmoko²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro e-mail:

¹daurat.sinaga@dsn.dinus.ac.id, ²jatmoko14@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Pada dunia digital, terdapat banyak konten multimedia yang digunakan secara illegal, seperti plagiasi, modifikasi, dan persebarluasan, ditambah kurang pedulinya masyarakat terhadap hak milik sebuah karya menyebabkan pelaku secara tidak sadar melakukan penyalahgunaan hak cipta. Untuk mengantisipasi hal tersebut dibuatlah sebuah solusi untuk melindungi identitas pemilik sebuah karya, yaitu dengan watermarking. Pengaplikasian watermarking menggunakan teknik (Discrete Cosine Transform (DCT)). Teknik DCT ini menyisipkan sebuah watermark yang tak nampak secara kasat mata pada citra digital sehingga dapat digunakan sebagai pembuktian atas hak cipta dengan identitas pemilik yang valid dan otentik. Hasil implementasi menggunakan 60 citra grayscale menghasilkan nilai Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) antara 33 sampai 46 dB. Hal ini menandakan bahwa DCT menghasilkan nilai imperceptibility yang cukup baik.

Kata Kunci: Discrete Cosine Transform, Peak Signal to Noise Ratio, imperceptibility.

1. PENDAHULUAN

Pada dunia digital, komunikasi dapat terjadi dengan sangat mudah, bentuk dari komunikasi sendiri bisa sangat luas dan mampu merubah kehidupan bermasyarakat. Berberapa aktivitas manusia yang dapat dibantu melalui perantara dunia digital. Dunia digital membuat manusia serasa tidak dibatasi oleh ruang dan waktu, sehingga dengan jarak yang jauh pun manusia tetap mampu melakukan interaksi komunikasi dan tidak mendapatkan batasan waktu karena apapun kondisinya [1]. Dahulu sebelum adanya dunia digital, manusia melakukan perjalanan yang jauh agar komunikasi dapat tersampaikan. Hal ini terasa lebih merepotkan dibandingkan dengan dunia digital yang saat ini mendominasi kehidupan manusia. Komunikasi memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, karena dengan interaksi dengan satu sama lain membuat pesan yang mengandung tujuan tertentu dapat tersampaikan, tujuan yang disampaikan inilah yang menjadi kunci dari proses aktivitas manusia. Tujuan yang ingin disampaikan dapat berbagai jenis sesuai dengan kebutuhan manusia, dikarenakan kemudahan interaksi komunikasi bertukar informasi. Tujuan-tujuan ini dapat diwujudkan karena komunikasi tidak hanya dalam bentuk teks namun bisa berupa macam-macam, tujuan manusia yang dapat dilakukan pada dunia digital seperti contoh komunikasi antar pihak, dapat melalui media perantara seperti laptop, ponsel, tablet dan lain-lain dan dengan perantara media social. Komunikasi dapat berlangsung secara mudah. Dengan berbagai perantara media, transaksi dapat dilakukan seperti pada contohnya pembayaran. Pembayaran dapat dilakukan dengan jarak jauh dengan uang digital yang dapat menjadi sumber transaksi jual beli, bertukar informasi antara penjual yang memiliki produk yang ditawarkan dengan pembeli yang menginginkan produk tersebut. Ketika mencapai suatu kesepakatan maka transaksi akan terjadi dan produk tersebut dapat dikirimkan sesuai pertukaran informasi yang telah terjadi [2]. Baik dalam urusan pertemuan juga mampu dilakukan oleh dunia digital. Bantuan komunikasi seperti *video call* dapat menghubungkan berbagai pihak bahkan dengan jarak jauh sekalipun, dan terdapat berbagai macam hal positif yang dapat diambil dari penggunaan dunia digital. Akses yang ditawarkan sangat luas dan mudah membuat manusia dapat memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari, namun tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat hal yang tidak baik juga terjadi yang merupakan dampak buruk dari penggunaan dunia.

Berbagai kemudahan bertukar informasi yang ada sekarang ini membuat data yang beredar di dunia digital semakin tak terbatas, data dapat berupa suara, video, animasi dan lain-lain. Seperti contoh pada sosial media, dimana masyarakat dapat memposting sesuatu secara bebas dan publik sehingga dapat dibaca orang secara luas. Hal ini merupakan wadah yang pas untuk menuangkan berbagai kreatifitas masyarakat kepada public. Kreatifitas tersebut berbentuk sebuah data yang dapat berisi catatan penting, hiburan, berita terkini, info menarik, hobi, dan lain-lain, dimana konten-konten tersebut dapat dikonsumsi oleh banyak orang. Kebebasan pengguna sosial media untuk memposting menimbulkan penyalahgunaan yang terjadi atas data-data. Dikarenakan kebebasan tersebut, masyarakat mengabaikan adanya aturan kepemilikan data yang membuat maraknya manipulasi data. Dengan demikian dapat merugikan pemilik dari data tersebut, berbagai kemungkinan bisa terjadi seperti memodifikasi data untuk menyebarkan berita palsu [1]. Untuk menanggulangi hal-hal seperti ini dibutuhkan adanya sebuah bukti bahwa terdapat kepemilikan dari sebuah data, data ini adalah citra digital berupa gambar. Citra digital tersebut akan disisipkan atau ditanamkan sebuah tanda melalui proses watermarking.

Watermarking adalah penyisipan atau menyembunyikan sebuah tanda berupa gambar atau teks ke dalam citra digital namun tidak dapat dilihat secara kasat mata [3], [4]. Maksud dari *watermarking* adalah agar tanda yang disematkan tidak terlihat oleh manusia. Watermark yang disematkan tidak akan terlihat oleh mata manusia, hal ini dimaksudkan agar tidak terlihat perubahan atau penambahan sebuah data dilihat dari mata manusia dan juga tidak langsung diketahui oleh seseorang yang mampu memanipulasinya sebagai penyalahgunaan sebuah data. Watermark secara umum terdapat dua proses yaitu penyisipan data dan ekstraksi data. Watermark yang akan disisipkan pada gambar memerlukan gambar atau citra digital yang orisinal [5]. Citra digital tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal tertentu dan dipilih manakah yang akan dimodifikasi, dengan itu watermark akan disisipkan. Untuk implementasi dapat digunakan Discrete Cosine Transform (DCT) yang menggunakan gelombang *cosine* pada setiap blok matriks pada gambar lalu terdapat pula angka yang akan mempresentasikan seluruh blok matriks pada gambar secara keseluruhan. DCT memiliki karakteristik secara umum yaitu *high* dan *low frequency*, sebagai tempat untuk melakukan proses embedding watermarking.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Watermarking

Konsep menyembunyikan atau menyematkan beberapa informasi tambahan (watermark) dalam data *host* seperti gambar, audio, video, teks atau kombinasi dari ini untuk menetapkan hak kepemilikan dikenal sebagai *watermarking* [6]–[8]. Seluruh proses harus dilakukan sedemikian rupa sehingga memenuhi kriteria tertentu seperti *imperceptibility & robustness* sehingga data watermark dapat menggantikan yang asli untuk tujuan autentikasi. Selain itu watermark harus ditanamkan sedemikian rupa sehingga tidak dapat dipisahkan dari data *host* dan kemudian dapat diekstrak untuk membuat klaim dari data digital [8]–[11]. Watermarking adalah ilmu yang mempelajari tentang cara menyembunyikan sebuah data berupa teks, gambar, atau data dalam data, watermarking memanfaatkan keterbatasan indra manusia agar tidak terlihat watermark yang ada pada citra digital. Hal tersebut bertujuan menjaga adanya tindak kecurangan pada identitas citra digital. Watermark dapat digunakan sebagai verifikasi keaslian identitas pemilik. Berikut ini terdapat berbagai macam tujuan yang dimanfaatkan dari *watermarking* seperti :

- a. *Tamper-proofing*, watermarking yang digunakan sebagai alat yang meneliti adanya modifikasi data citra digital dibandingkan dengan data citra digital orisinal
- b. Feature location, watermarking yang digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang terdapat pada citra digital tersebut
- c. Annotation/caption, watermarking yang digunakan sebagai penambah keterangan mengenai data yang ada pada citra digital itu sendiri
- d. Copyright-Labeling, watermarking yang digunakan untuk metode dalam menyembunyikan tanda berupa hak cipta atau labeling pada data citra digital tersebut, tanda hak cipta tersebut merupakan bukti kepemilikan yang valid dan otentik.

Terdapat pula tingkat ketahanan pada sebuah *watermark* yaitu :

- a. *Secure Watermarking*, *watermark* yang tetap kokoh terhadap non-malicious attack maupun malicious attack, non-malicious attack adalah serangan normal berupa kompresi, operasi penapisan, penambahan derau, penskalaan, penyuntingan, operasi geometri (translasi, rotasi, dsb), cropping dan lain-lain, berbeda dengan malicious attack yang mana bertujuan menghilangkan atau memodifikasi watermark.
- b. Robust Watermarking yaitu watermark yang hanya mampu bertahan dari non-malicious attack berupa kompresi, operasi penapisan, penambahan derau, penskalaan, penyuntingan, operasi geometri (translasi, rotasi, dsb), cropping dan lain-lain.
- c. Fragile Watermarking adalah watermark yang dibuat untuk dimodifikasi, dirusak, atau bahkan dihilangkan, hal ini diakukan untuk tujuan tertentu seperti penelitian, verifikasi isi konten citra, seperti contoh image authentication atau tamper detection (deteksi manipulasi). Citra *watermark* yang sudah dirusak adalah *watermark* yang tidak bisa dijadikan bukti yang valid dan otentik.

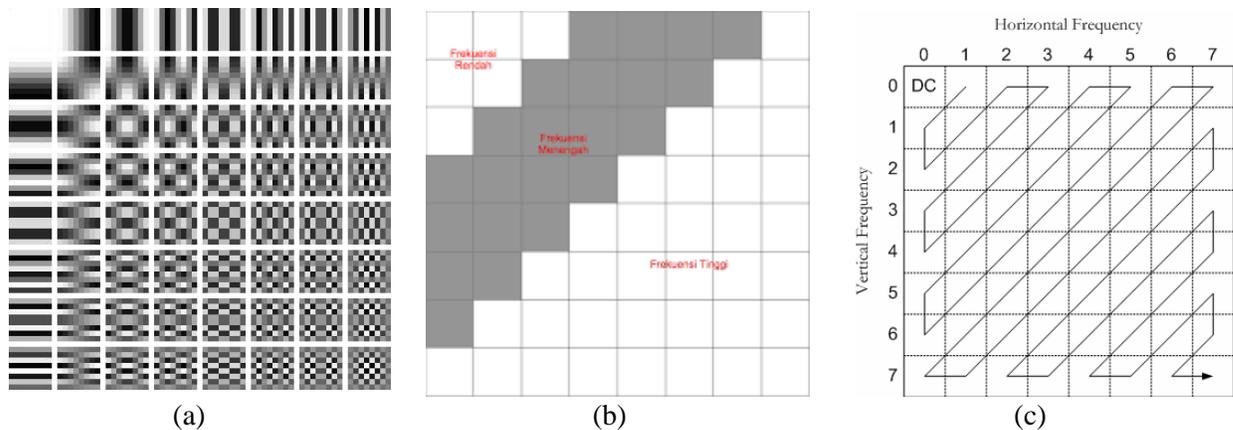
Ada pula properti yang diperlukan pada *watermark* seperti berikut ini, properti pertama yang diperlukan pada *watermark* adalah keefektifannya. Kemungkinan bahwa gambar atau citra digital yang sudah ditanam *watermark* dapat terdeteksi oleh alat pengolah citra digital. Idealnya dibutuhkan probabilitas menjadi 1. Properti kedua adalah ketepatan gambar, *watermarking* adalah proses yang menambahkan pesan dan nantinya ditanamkan pada citra digital, dikarenakan proses tersebut menyebabkan pengaruh pada kualitas gambar. Untuk itu penggunaan gambar yang akan dipakai adalah gambar yang mempunyai kualitas minimum sehingga tidak ada perubahan yang terlihat pada gambar. Properti ketiga adalah ukuran gambar, setiap gambar yang sudah diberi *watermark* yang akan tertanam sebuah pesan. Ukuran dari pesan atau *watermark* ini penting dikarenakan jika ukurannya besar maka akan mempengaruhi pemrosesan yang cukup berat, ada beberapa aplikasi yang hanya perlu *watermark* dengan 1 bit saja.

Terakhir ada *robustness*, *robustness* sangat penting bagi sebagian besar sistem pada *watermarking*. Berberapa data citra digital telah melalui banyak modifikasi dan berberapa serangan berbahaya yang mencoba untuk menghapus *watermark* atau membuatnya tidak terdeteksi. *Watermark* yang kuat mampu menahan kompresi, rotasi, penskalaan, pemotongan, dan banyak lainnya.

Discrete Cosine Transform (DCT)

Pada dasar nya domain frekuensi didapat dari sebuah sinyal yang berubah menjadi berberapa komponen, komponen-komponen tersebut menjadikan sinyal dapat dikatakan menjadi domain frekuensi. Pada domain frekuensi terjadi perubahan intensitas pixel ke pixel baik frekuensi rendah atau frekuensi tinggi. Teknik domain frekuensi menyisipkan *watermark* di koefisien spektra pada gambar, transformasi yang digunakan domain frekuensi biasanya *discrete cosine transform*, alasan menggunakan domain frekuensi adalah karena domain frekuensi memiliki karakteristik dari HVS (*human visual system*) yang dapat digunakan pada koefisien spectra [7]. Perubahan pada komponen-komponen ini menyebabkan ketidaksempurnaan pada citra asli, pada hal lain, koefisien frekuensi tinggi dianggap tidak signifikan demikian pada teknik prosesing, seperti kompresi, cenderung ingin menghilangkan koefisien frekuensi tinggi.

DCT mewakili data dalam frekuensi, hal ini berguna untuk menyesuaikan cara pandang manusia pada sebuah citra digital sehingga bagian yang dirasa tidak dapat diidentifikasi akan dibuang, algoritma DCT kuat terhadap serangan low pass pemfilteran, penyesuaian kecerahan kontras, buram, dan lain-lain [9]. Gambar 1 (a) adalah gambaran umum yang menunjukkan cosine wave, cosine wave adalah gambaran adanya macam-macam frequency, terdapat high-frequency, low-frequency, dan average frequency dimana average frequency ini berada ditengah-tengah antara high-frequency dan low-frequency.



Gambar 1. a). DCT-8x8, b) Pembagian Frekuensi DCT, (c) Zig-zag DCT

Gambar 1 (a) merupakan sebuah gambar yang mempresentasikan cosine wave sebelumnya, terdapat berbagai macam tingkat warna hitam dan putih, jika pada blok pojok kiri berwarna putih semua menunjukkan bahwa blok tersebut memiliki low-frequency, hal tersebut dikarenakan cosine wave yang memberikan keterangan bahwa frekuensi warna hitam dan putih ini merupakan indikasi dari ketiga frekuensi tersebut, semakin bergeser ke blok kanan maka warna hitam nya akan nampak menunjukkan bahwa high-frequency atau average-frequency telah masuk dalam blok tersebut. Pada frekuensi-frekuensi yang disebutkan pada Gambar 1 (b), di dalamnya frekuensi tersebut terdapat angka, angka ini adalah yang mempresentasikan keseluruhan gambar pada tiap sub blok nya, angka ini disebut dengan koefisien spectra.

Dalam penggunaan DCT melakukan pengolahan citra, teknik DCT ini akan membagi citra digital asli dalam sub blok berukuran 8x8 piksel, sub blok tersebut menghasilkan 64 koefisien, koefisien ini adalah koefisien spektra yang terkandung dalam masing-masing sub blok, koefisien spektra dipengaruhi oleh cosine wave dan frekuensi pada tiap-tiap sub blok, di dalam bagian sub blok 8x8 terdapat 1 koefisien DC (zero frequencies) [12]. Berdasarkan tata ruang koefisien DCT pada Gambar 1 (c), pemindaian koefisien DCT harus memperhitungkan signifikannya, Pada skema pengkodean gambar berbasis DCT, menurut pemindaian koefisien DCT, pemindaian dilalui dengan jalur zig-zag seperti pada gambar dibawah ini, dimana koefisien pertama adalah koefisien terendah, yaitu koefisien DC dan dipindai pada koefisien selanjutnya. Koefisien DC terdapat pada pojok kiri atas, sedangkan 63 koefisien AC terdiri dari 3 frekuensi yaitu high-frequency, low-frequency, dan average-frequency [12]–[14] seperti ditunjukkan Gambar 2 (c). Persamaan (1) merupakan persamaan dasar pada discrete cosine transform yang digunakan pada citra digital.

$$S(u) = \sqrt{2/n} C(u) \sum_{x=0}^{n-1} s(x) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2n},$$

dengan $u = 0, \dots, n-1$

$$\text{dimana } C(u) = \begin{cases} 2^{-1/2}, & \text{untuk } u = 0 \\ 1, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \tag{1}$$

Berdasarkan perhitungan dari citra digital asli dengan citra digital watermark, hitungan PSNR dedefinisikan melalui MSE, jika terdapat gambar monokrom $m \times n$ bebas noise dan pendekatan noise K , perhitungan MSE sebagai pendefinisian hitungan PSNR menggunakan satuan dB, disini MAXI adalah nilai piksel maksimum dari gambar. Piksel direpresentasikan menggunakan 8 bit per sampel yaitu 255. Lebih umum, ketika sampel direpresentasikan menggunakan PCM linier dengan B bit per sampel, MAXI adalah $2B - 1$ sesuai persamaan (2) dan persamaan (3).

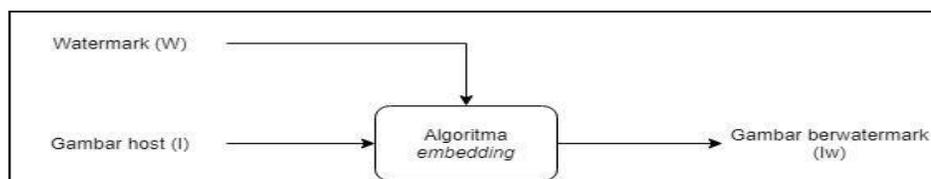
$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_a(i,j)^2 - f_b(i,j)^2) \tag{2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MAXi^2}{MSE} \tag{3}$$

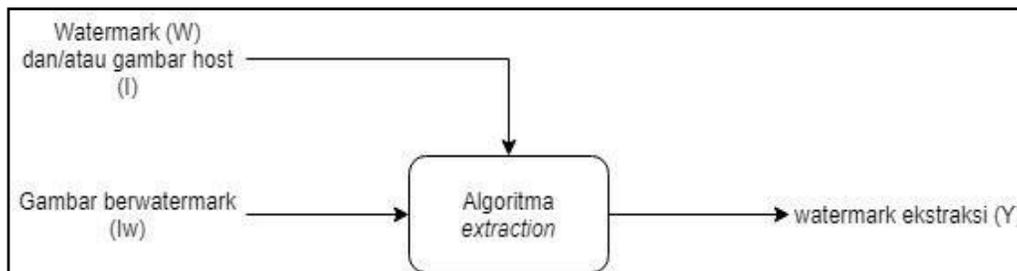
Untuk gambar berwarna dengan tiga nilai RGB per piksel, definisi hitungan PSNR nya sama, kecuali MSE berisi hitungan jumlah dari semua perbedaan nilai kuadrat dibagi dengan ukuran gambar dan tiga. Sebagai alternatif, untuk gambar berwarna gambar dikonversi ke ruang warna berbeda dan PSNR dilaporkan terhadap setiap saluran dari ruang warna itu, mis., YCbCr atau HSL. PSNR paling umum digunakan untuk mengukur kualitas rekonstruksi codec kompresi lossy (mis., Untuk kompresi gambar). Sinyal dalam hal ini adalah data asli, dan noise adalah kesalahan yang diperkenalkan oleh kompresi. Ketika membandingkan codec kompresi, PSNR adalah perkiraan untuk persepsi manusia tentang kualitas rekonstruksi. Untuk menghitung citra yang baik dibutuhkan lebih dari 40 dB dari perhitungan PSNR [15]. Walaupun nilai PSNR yang baik adalah yang memiliki nilai yang lebih tinggi, umumnya nilai PSNR tersebut menunjukkan bahwa rekronstruksi tersebut berkualitas tinggi, namun dalam berberapa kasus mungkin tidak, perlu diperhatikan pada kisaran validitas metrik yang digunakan, hal tersebut dapat dinyatakan valid dan menyakinkan jika menggunakan perbandingan.

2.5. 2.3. Usulan Metode

Metode yang diusulkan adalah *watermarking* menggunakan transformasi DWT yang dilakukan pada gambar *host* (citra asli). Apda penelitian ini, citra pesan di embed pada frekuensi DCT rendah. Untuk skema penelitian dapat dilihat pada Gmabar 2 dan Gambar 3.



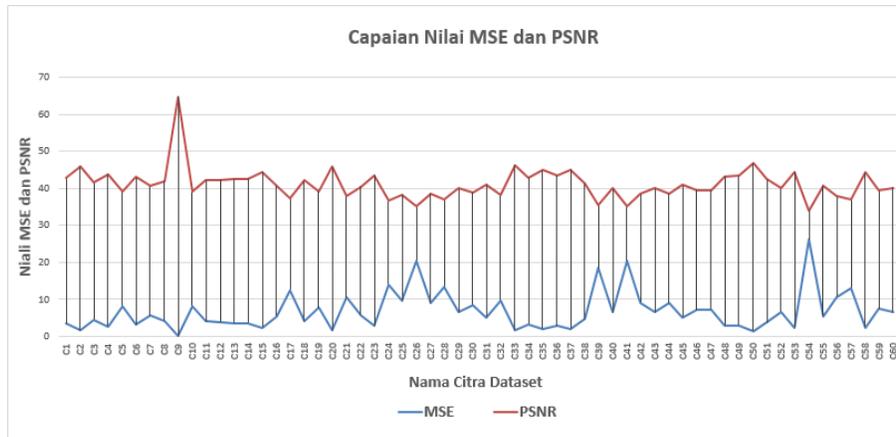
Gambar 2. Proses Embedding



Gambar 3. Ekstraksi watermark

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

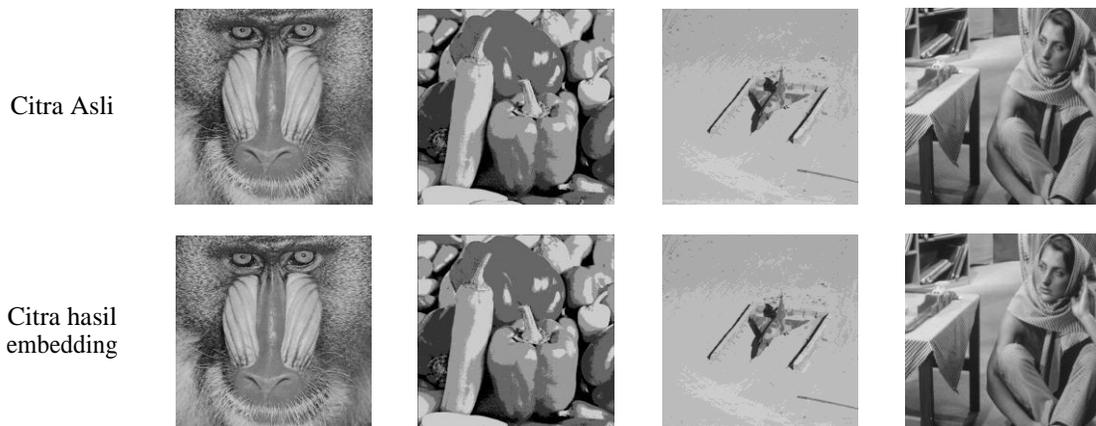
Pengujian pertama adalah pengujian pada citra digital yang sudah disisipkan *watermark*, pemilihan *host image* yang baik dapat terlihat pada tabel dibawah ini, menghitung hasil PSNR pada gambar yang di uji coba dengan definisi MSE sebelumnya, dapat diketahui dimana terdapat beberapa gambar yang memiliki PSNR yang baik yaitu diatas 40 dB.



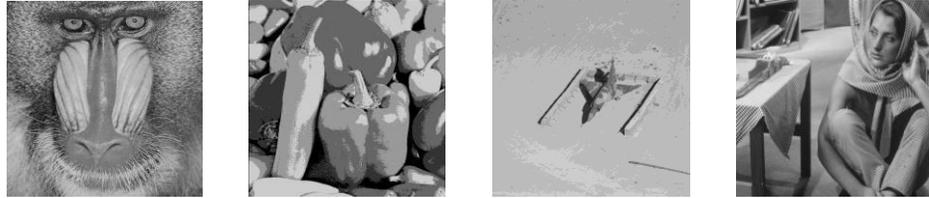
Gambar 4. Capaian Nilai MSE dan PSNR

Pada Gambar 4 dapat dilihat hasil capaian MSE dan PSNR dari 60 buah citra yang telah di uji. Rentang nilai MSE yang dihasilkan adalah 0.02 hingga 20.46. Nilai MSE dari proses watermarking yang baik yaitu diatas 0. Nilai MSE kemudian digunakan sebagai inputan dalam perhitungan PSNR. PSNR yang dihasilkan yaitu antara 33.9905 hingga 64.7339. Rentang nilai yang dihasilkan cukup jauh, namun masih memenuhi kriteria PSNR yang baik. Nilai PSNR yang dapat diterima oleh mata manusia yaitu di atas 30 dB. Dalam penelitian ini, seluruh citra uji menghasilkan nilai PSNR minimal 30 dB. Melalui Gambar 4, diketahui bahwa terdapat hubungan nilai MSE dan PSNR seperti pada C9 yang mempunyai MSE terendah namun PSNR yang dihasilkan merupakan PSNR tertinggi. Sebagai contoh lain yaitu pada C54 yang mempunyai MSE tertinggi namun menghasilkan PSNR terendah. Hal ini hanya sebagai gambaran terhadap proses watermarking yang dihasilkan. Untuk mengetahui gambaran mengenai tampilan visual dari citra asli dan citra hasil watermarking, dapat di lihat ilustrasi pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa menggunakan algoritma DCT dalam proses watermarking ternyata dapat menghasilkan citra yang impercept. Impercept adalah aspek yang sangat penting, dimana citra asli dan citra hasil proses watermarking tidak mengalami perbedaan secara visual apa bila dilihat oleh mata manusia. Perbedaan tersebut sebetulnya ada, namun secara kasat bisa tidak terlihat. Perbedaan tersebut dapat dihitung menggunakan PSNR. Apabila nilai PSNR lebih dari 30 dB, maka dapat disimpulkan bahwa secara kasat mata citra tidak mengalami perubahan. Hal ini sangat penting mengingat proses watermarking ditujukan untuk menyisipkan pesan di dalam gambar, dengan demikian pesan gambar tersebut tidak terdeteksi bahwa telah disisipi pesan.



Citra hasil ekstraksi



Gambar 5. Ilustrasi Perbedaan Citra Asli dan Citra Hasil Watermarking

4. KESIMPULAN

Penyisipan watermark menggunakan *discrete cosine transform* menggunakan bahasa Matlab telah dilakukan, Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penyisipan watermark menggunakan *discrete cosine transform* mampu menyisipkan *watermark* dengan baik. Watermark dengan *discrete cosine transform* dapat menyisipkan *watermark* secara tidak terlihat oleh manusia. Untuk hasil *watermark* yang baik membutuhkan lebih dari 30 dB dan dalam penelitian ini telah tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Iswahyudi, E. Setyaningsih, and N. Widyastuti, "Pengamanan kunci enkripsi citra pada algoritma super enkripsi menggunakan metode end of file," *Pros. Semin. Nas. Apl. Sains Teknol. Periode III*, no. November, pp. 278–285, 2012.
- [2] P. A. Nani, "PENERAPAN ENKRIPSI ALGORITMA BLOWFISH PADA PROSES STEGANOGRAFI METODE EOF," *Penerapan Enkripsi Algoritm. Blowfish Pada Proses Steganografi Metod. Eof*, pp. 1–6, 2011.
- [3] C. A. Sari, E. H. Rachmawanto, and D. R. I. M. Setiadi, "Robust and Imperceptible Image Watermarking by DC Coefficients Using Singular Value Decomposition," in *4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI 2017)*, 2017, pp. 1–4.
- [4] C. A. Sari, T. S. Sukamto, and E. H. Rachmawanto, "Analisa Robustness Citra Digital Pada Watermarking DCT-DWT," *Pros. SNST*, vol. 1, no. 1, pp. 121–124, 2018.
- [5] L. Umaroh, C. A. Sari, Y. P. Astuti, and E. H. Rachmawanto, "A robust image watermarking using hybrid DCT and SLT," in *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic)*, 2016, pp. 312–316.
- [6] A. K. Pal and S. Roy, "A robust and blind image watermarking scheme in DCT domain," *Int. J. Inf. Comput. Secur.*, vol. 10, no. 4, p. 321, 2018.
- [7] D. Ariatmanto and F. Ernawan, "Adaptive scaling factors based on the impact of selected DCT coefficients for image watermarking," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, Feb. 2020.
- [8] M. Heidari, N. Karimi, and S. Samavi, "A hybrid DCT-SVD based image watermarking algorithm," in *2016 24th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, 2016, pp. 838–843.
- [9] P. S. N., C. Suputhra .S, and M. C. S., "Performance analysis of DCT and successive division based digital image watermarking scheme," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 15, no. 2, p. 750, Aug. 2019.
- [10] V. Gupta and A. Barve, "A Review on Image Watermarking and its technique," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 92–97, 2014.
- [11] A. Susanto, D. R. I. M. Setiadi, C. A. Sari, and E. H. Rachmawanto, "Hybrid method using HWT-DCT for image watermarking," in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2017*, 2017.
- [12] Y.-W. Chang, "A Blind Watermarking Algorithm," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–4, 2017.
- [13] N. Ben Halima, M. A. Khan, and R. Kumar, "A Novel Approach of Digital Image Watermarking using HDWT-DCT," in *2015 Global Summit on Computer & Information Technology (GSCIT)*, 2015, no. June, pp. 1–6.
- [14] D. S. Mitra and A. K. Saxena, "DCT DWT SVD Image Watermarking," *Int. Res. J. Eng. Technol. e-ISSN*, vol. 5, no. 7, pp. 198–205, 2018.
- [15] Y. Huang, H. Guan, B. Niu, and S. Zhang, "A Spread-Spectrum Watermarking Scheme with Adaptive Embedding Strength and PSNR Guarantee," in *2018 12th IEEE International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID)*, 2018, vol. 2018-Novem, pp. 82–87.