



WATERMARKING MENGGUNAKAN METODE DISCRETE COSINE TRANSFORM

M. SOLIKHIN¹

¹Institut Teknologi Del, mukhammad.solikhin@del.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi telah banyak memudahkan aktifitas manusia, termasuk salah satunya adalah berbagi informasi. Dalam hal berbagi informasi, informasi yang disebarluaskan beragam jenisnya, dapat berupa teks, gambar, suara ataupun video. Kemudahan berbagi informasi tersebut selain memudahkan manusia ternyata juga memiliki dampak negatif, salah satunya adalah masalah mengenai identifikasi hak cipta. Watermark adalah salah satu solusi yang dapat menjawab permasalahan tersebut, melalui penambahan informasi rahasia yang tidak dapat dirasakan keberadaannya hanya menggunakan panca indra manusia. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai watermarking pada gambar digital menggunakan metode Discrete Cosine Transform(DCT). Analisis yang dilakukan adalah mencari korelasi antara gambar asli dengan gambar berwatermark, menguji ketahanan watermark terhadap serangan pada gambar berwatermark diantaranya cropping, flip, compress, ataupun rotate.

Kata kunci: Watermark, Discrete Cosinus Transform, Matlab, Visible watermarking, Invisible watermarking

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi Internet dalam beberapa tahun terakhir ini, telah membawa perubahan besar bagi distribusi media digital. Media digital yang dapat berupa teks, citra, audio dan video dapat dengan mudah didistribusikan melalui internet. Kemudahan distribusi media digital melalui internet disisi lain dapat menimbulkan permasalahan diantaranya, pencurian hak cipta, pemalsuan, hingga rekayasa pada citra digital menjadi kasus yang semakin sering terjadi. Untuk melindungi citra digital, dapat dilakukan dengan memberikan suatu otentifikasi atau identitas bahwa citra digital tersebut adalah milik seseorang. Salah satu caranya adalah dengan menyisipkan tanda air atau watermark. Banyak cara untuk membuat tanda air pada citra digital. Pada jurnal ini penulis akan menyisipkan logo berupa citra digital sebagai tanda air pada citra digital lain yang akan diwatermark menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT). Manfaat pembuatan jurnal ini adalah untuk

membantu dalam menyisipkan dan mengekstraksi watermark sehingga dapat melindungi citra digital dari penyalahgunaan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab serta dapat digunakan untuk menguji keaslian watermark.

2 Hasil dan Pembahasan

2.1 Citra Digital

2.1.1 Definisi Citra Digital

Menurut Sachs (1999, hal:1), citra digital merupakan suatu gambar yang tersusun dari pixel, dimana tiap pixel merepresentasikan warna (tingkat keabuan untuk gambar hitam putih) pada suatu titik di gambar. Sedangkan menurut Fahmi (2007, hal:7), citra digital adalah gambar dua dimensi yang dapat ditampilkan pada layar monitor komputer sebagai himpunan berhingga (diskrit) nilai digital yang disebut dengan pixel (picture elements). Fahmi (2007, hal:7) menyatakan bahwa citra digital (diskrit) dihasilkan dari citra analog (kontinu) melalui digitalisasi. Digitalisasi citra analog terdiri atas penerokan (sampling) dan kuantisasi (quantization). Penerokan (sampling) adalah pembagian citra ke dalam elemen-elemen diskrit (pixel), sedangkan kuantisasi (quantization) adalah pemberian nilai intensitas warna pada setiap pixel dengan nilai yang berupa bilangan bulat.

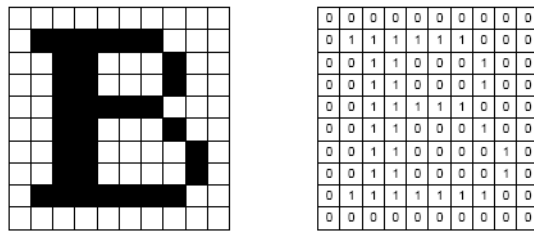
2.1.2 Klasifikasi Citra Digital

Berdasarkan cara penyimpanan atau pembentukannya, citra digital dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Gambar Bitmap (raster), yaitu gambar yang terbentuk dari sekumpulan titik penyusun gambar (pixel). Gambar bitmap dipengaruhi oleh banyaknya pixel, sehingga semakin banyak jumlah pixel maka kualitas gambar semakin baik dan halus, begitu pula sebaliknya. Gambar bitmap biasanya diperoleh dari scanner, kamera digital, kamera handphone, dan sebagainya.
2. Gambar vektor, yaitu gambar yang terbentuk dari garis, kurva, dan bidang yang masing-masing merupakan suatu formulasi matematik. Jika gambar vektor diperbesar, maka kualitas gambarnya masih tetap baik dan tidak berubah. Gambar vektor biasanya dibuat dengan menggunakan aplikasi aplikasi gambar vektor seperti Corel Draw, Adobe Illustrator, Macromedia Freehand, dan sebagainya (Alinurdin, 2006).

Sedangkan berdasarkan warna-warna penyusunnya, menurut Fahmi (2007, hal:8) citra digital dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Citra biner, yaitu citra yang hanya terdiri atas dua warna, yaitu hitam dan putih. Oleh karena itu, setiap pixel pada citra biner cukup direpresentasikan dengan 1 bit. Contoh citra biner adalah pada gambar 2.1 berikut.
2. Citra grayscale, yaitu citra yang nilai pixel-nya merepresentasikan derajat keabuan atau intensitas warna putih. Nilai intensitas paling rendah merepresentasikan warna hitam dan nilai intensitas paling tinggi merepresentasikan warna putih. Pada umumnya citra grayscale memiliki kedalaman pixel 8 bit (256 derajat keabuan), tetapi ada juga citra grayscale yang kedalaman pixel-nya bukan 8 bit, misalnya 16 bit untuk penggunaan yang memerlukan ketelitian tinggi. Contohnya adalah pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 1: Citra Biner



Gambar 2: Citra Grayscale

3. Citra berwarna, yaitu citra yang nilai pixel-nya merepresentasikan warna tertentu. Banyaknya warna yang mungkin digunakan bergantung kepada kedalaman pixel citra yang bersangkutan. Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal (channel) yang menyatakan komponen-komponen warna penyusunnya. Banyaknya kanal yang digunakan bergantung pada model warna yang digunakan pada citra tersebut. Contoh model warna yang biasa digunakan pada citra digital adalah RGB. Contohnya pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 3: Citra Berwarna

2.1.3 Pixel (Picture Element)

Gambar yang bertipe bitmap tersusun dari pixel-pixel (dot). Pixel adalah titik penyusun gambar yang berkumpul dan bergabung membentuk seperti mozaik yang memanipulasi mata sehingga pada jarak pandang tertentu akan tampak kesan gambar utuh (Alinurdin, 2006). Banyaknya pixel tiap satuan luas tergantung pada resolusi yang digunakan. Menurut Alinurdin (2006, hal:2) resolusi adalah banyaknya pixel dalam setiap satuan panjang yang dinyatakan dalam satuan dpi (dot per inch). Keanekaragaman warna pixel tergantung pada bit depth yang dipakai. Bit depth menentukan banyaknya informasi warna yang tersedia untuk ditampilkan dalam setiap pixel. Misalkan suatu gambar memiliki bit depth = 24. Berarti ada 16 juta (2^{24}) kemungkinan warna pada gambar tersebut. Oleh karena itu, semakin tinggi resolusi dan bit depth suatu citra, maka semakin bagus kualitas gambar yang dihasilkan dan tentu saja ukuran file-nya juga semakin besar.

2.1.4 Format File Citra

Format file menentukan bagaimana informasi data direpresentasikan dalam suatu file. Informasi tersebut meliputi ada tidaknya kompresi, program aplikasi (feature) yang didukung (support), penggunaan enkripsi, dan lain-lain. Tiap format file memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Dalam sistem operasi Windows, format file dapat dibedakan dari namanya yaitu diakhiri titik dan diikuti dengan tiga atau empat huruf terakhir sebagai penanda format. Untuk file citra (image), format yang umum digunakan adalah :

1. bmp (Windows Bitmap).

Merupakan representasi dari citra grafis yang terdiri dari susunan titik-titik yang tersimpan di memori komputer. Format ini dikembangkan oleh Microsoft dan nilai setiap titik diawali oleh satu bit data untuk gambar hitam putih atau lebih bagi gambar berwarna. Format bmp menggunakan kompresi tipe lossy, berarti tidak ada data yang dibuang selama proses kompresi (Hajar, 2007).

2. gif (Graphics Interchange Format).

Merupakan format gambar yang mampu menayangkan maksimum 256 warna dan mendukung warna transparan dan animasi sederhana. Format ini mengkompresi gambar dengan sifat lossless, berarti terdapat data yang hilang selama proses kompresi (Hajar, 2007).

3. jpg / jpeg (Joint Photographic Experts Group).

Format ini mampu menayangkan warna dengan kedalaman 24 bit true color dan menggunakan kompresi tipe lossy. Kompresi jpeg berbasis DCT (Discrete Cosine Transform). Kualitas jpeg bisa bervariasi tergantung setting kompresi yang digunakan (Hajar, 2007).

4. png (Portable Network Graphics).

Merupakan salah satu format penyimpanan citra dengan kompresi tipe lossless. Format png diperkenalkan untuk menggantikan format gif dan umumnya dipakai untuk citra web (Hajar, 2007).

5. tiff (Tagged Image File Format).

Merupakan format yang sering digunakan, mendukung citra compressed berbagai metode dan uncompressed (Paryono et al, 2008).

2.2 Watermark

2.2.1 Definisi Watermark/ Watermarking

Watermarking merupakan suatu bentuk dari steganography (ilmu yang mempelajari bagaimana menyembunyikan suatu data pada data yang lain), dalam mempelajari teknik-teknik bagaimana penyimpanan suatu data (digital) kedalam data host digital yang lain (istilah host digunakan untuk data atau sinyal digital yang ditumpangi). (Scheineider, 1994). Watermarking (tanda air) ini agak berbeda dengan tanda air pada uang kertas. Tanda air pada uang kertas masih dapat kelihatan oleh mata telanjang manusia (mungkin dalam posisi kertas yang tertentu), tetapi watermarking pada media digital disini dimaksudkan tak akan dirasakan kehadirannya oleh manusia tanpa alat bantu mesin pengolah digital seperti komputer, dan sejenisnya. Watermarking merupakan suatu cara untuk penyembunyian atau penanaman data dan informasi tertentu (baik hanya berupa catatan umum maupun rahasia) kedalam suatu data digital lainnya, tetapi tidak diketahui kehadirannya oleh indera manusia (indera penglihatan atau indera pendengaran), dan mampu menghadapi proses-proses pengolahan sinyal digital sampai pada tahap tertentu. Watermarking berkembang seiring perkembangan zaman dengan munculnya watermarking pada media digital atau disebut dengan digital watermarking. Digital watermarking dapat dijalankan pada berbagai media digital seperti citra digital, file suara, dan video. Salah satu prinsip dalam digital watermarking adalah informasi yang disisipkan pada media digital tidak boleh mempengaruhi kualitas media digital tersebut. Jadi pada citra digital, mata manusia tidak bisa membedakan apakah citra tersebut disisipi watermark atau tidak. Demikian pula jika diterapkan pada file suara atau musik, telinga manusia tidak bisa mendengar sisipan informasi tadi. Sehingga pada digital watermarking terdapat persyaratan bahwa digital watermark atau informasi digital yang disisipkan dalam media digital haruslah imperceptible atau tidak terdeteksi oleh sistem penglihatan manusia (Human Visual System) atau sistem pendengaran manusia (Human Auditory System). Digital watermark sendiri adalah sebuah kode identifikasi yang secara permanen disisipkan kedalam data digital dengan membawa informasi yang berhubungan dengan perlindungan hak cipta dan otentikasi data. Watermarking ini memanfaatkan kekurangan-kekurangan sistem indera manusia seperti mata dan telinga. Dengan adanya kekurangan inilah, metoda watermarking ini dapat diterapkan pada berbagai media digital.

2.2.2 Jenis-jenis Watermark

Digital Watermarking ini dibagi menjadi empat jenis berdasarkan media digital yang disisipi, yaitu :

1. Text Watermarking : Watermark disisipkan pada media digital jenis dokumen atau teks.
2. Image Watermarking : Watermark disisipkan pada citra digital.
3. Audio Watermarking : Watermark disisipkan pada file audio digital seperti mp3, mpeg, dsb.
4. Video Watermarking : Watermark disisipkan pada gambar bergerak atau disebut dengan video digital.

2.2.3 Tipe-tipe Watermark

Tipe watermark pada dasarnya terbagi menjadi dua (Ariyus,2009), yakni:

1. Visible
Disebut tipe visible jika suatu watermark bisa dilihat dengan mata telanjang. Tipe ini sangat kuat walaupun tidak menjadi bagian dari image. Watermark itu sangat jelas kelihatan dan

sangat sulit dihapus. Contoh yang paling nyata dari visible watermark adalah logo identifikasi televisi yang terdapat di sudut atas televisi. Watermark agak transparan dan dipindahkan dari rekaman secara permanen.

2. Invisible

Invisible watermark bertujuan mengidentifikasi kepemilikan atau pembuktian integritas dari image atau informasi. Invisible watermark tidak bisa dilihat, tetapi bisa diekstrak menggunakan metode komputasi. Kadang-kadang, invisible watermark menyimpan informasi rahasia. Untuk mengekstrak invisible watermark, dibuat program khusus yang hanya diketahui oleh si pembuat watermark saja. Ada beberapa alasan pemakaian invisible watermark, antara lain:

- (a) Proof of Ownership (bukti kepemilikan) : Selain bisa digunakan sebagai tanda pengenal kepemilikan (owner identification) seperti disebutkan di atas watermarking juga bisa digunakan sebagai pembuktian kepemilikan. Pembuktian kepemilikan itu diperlukan saat dua orang memperebutkan hak kepemilikan atau menyatakan bahwa data digital tersebut adalah miliknya. Jadi, untuk membuktikannya bisa digunakan watermarking. Tentu saja itu memerlukan usaha yang sulit.
- (b) Pendistribusian lebih aman : keamanan dalam pendistribusian. Oleh karena watermark tidak bisa dilihat dengan mata telanjang, kemungkinan untuk dicurigai sangatlah kecil.

2.2.4 Karakteristik Watermarking

Ada beberapa karakteristik yang diinginkan dari penggunaan watermark pada suatu dokumen (Ariyus, 2009), diantaranya:

1. Tidak terdeteksi (Imperceptible) : memberikan karakteristik watermark agar sebisa mungkin tidak terlihat atau berbeda dengan dokumen aslinya. Hal itu tidak dimaksudkan untuk mengubah status dokumen yang bernilai tinggi secara hukum maupun komersial.
2. Robustness : karakteristik ini tergantung pada aplikasi watermark itu sendiri, apabila digunakan sebagai identifikasi kepemilikan/copyright, watermark harus memiliki ketahanan terhadap berbagai macam modifikasi yang mungkin bisa dilakukan untuk mengubah/menghilangkan copyright. Jika digunakan untuk mengautentifikasi content, watermark sebisa mungkin bersifat fragile sehingga bila isinya telah mengalami perubahan, maka watermark juga akan mengalami perubahan/rusak. Dengan begitu, bisa terdeteksi adanya usaha modifikasi terhadap isi.
3. Security : Teknik watermark harus bias mencegah usaha-usaha untuk mendeteksi dan memodifikasi informasi watermark yang disisipkan kedalam dokumen. Hanya pembuat program watermark saja yang bisa melakukan pengecekan keaslian dan menjamin bahwa hanya orang yang berhak saja yang bisa melakukan hal tersebut. Namun, aspek tersebut tidak bisa mencegah siapa pun untuk membaca dokumen yang bersangkutan.

2.3 Proses Watermarking

Pada dasarnya pemberian watermarking dapat dipandang sebagai proses penggabungan dua buah informasi sedemikian rupa sehingga masing-masing informasi hanya dideteksi oleh detector yang berbeda. Sinyal watermarking dipadukan dengan sinyal media, video, audio, atau gambar dengan watermarking inserter. Tentu saja sinyal watermarking ini disisipkan (di-encode) sehingga dapat merepresentasikan informasi tertentu. Hasil penggabungan ini adalah sinyal media yang

telah ter-watermarking. Untuk penyisipan informasi watermark pada citra, teknik-teknik penyisipan dilakukan dengan membuat modifikasi pada citra asli. Modifikasi dilakukan pada bagian-bagian yang secara persepsi tidak dapat dilihat oleh indera penglihatan. Informasi watermark didapatkan kembali dari citra ter-watermark dengan mendeteksi adanya perubahan-perubahan (modifikasi) tersebut. Ada banyak teknik modifikasi dalam berbagai domain yang dapat digunakan untuk penyisipan data dan mendapatkan data hasil watermarking. Proses transformasi yang dikenal dalam pemrosesan sinyal digital adalah seperti Fast Fourier Transform (FFT), Discrete Cosine Transform (DCT), Wavelet Transform, dan sebagainya. Akan tetapi dari berbagai penelitian yang sudah dilakukan, belum ada suatu metode watermarking ideal yang bisa tahan terhadap semua proses pengolahan digital yang mungkin. Biasanya masing-masing penelitian memfokuskan pada hal-hal tertentu yang dianggap penting. Penelitian di bidang watermarking ini masih terbuka luas dan semakin menarik, salah satunya adalah karena belum ada suatu standar yang digunakan sebagai alat penanganan masalah hak cipta ini (Rodiah, 2004).

2.3.1 Penyisipan Watermark (Encode)

Penyisipan (encode) dalam watermarking adalah suatu proses untuk menyisipkan sinyal low-energy ke sinyal utama (cover signal) untuk menyembunyikan keberadaan sinyal low-energy tersebut (Rodiah, 2004). Sinyal low energy yaitu label watermark yang bersifat monokrom dan cover signal yaitu dokumen yang disisipkan seperti gambar, video, suara, atau teks dalam format digital. Label watermark adalah suatu data atau informasi yang akan disisipkan ke dalam data digital yang ingin di-watermark. Menurut Rodiah (2004, hal:16), ada dua jenis label watermark yang dapat digunakan, yaitu :

1. Text biasa

Label watermark dari text biasanya menggunakan nilai-nilai ASCII dari masing-masing karakter dalam text yang kemudian dipecahkan atas bit-per-bit. Kelemahan dari label ini adalah kesalahan pada satu bit saja akan menghasilkan hasil yang berbeda dengan text sebenarnya.

2. Logo atau Citra atau Suara

Berbeda dengan text, kesalahan pada beberapa bit masih dapat memberikan persepsi yang sama dengan aslinya oleh pendengaran maupun penglihatan kita, tetapi kerugiannya adalah jumlah data yang cukup besar.

2.3.2 Ekstraksi Watermark (Decode)

Ekstraksi (decode) adalah proses pemisahan watermark dengan citra asal. Hasil penelitian memberikan hasil bahwa verifikasi dengan menggunakan data aslinya akan memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan cara ekstraksi tanpa menggunakan data asli (Rodiah, 2004). Watermarking dapat menggunakan kunci untuk meningkatkan keamanannya, dimana kunci tersebut digunakan untuk membangkitkan bilangan acak dalam penanaman watermark. Akan tetapi menurut Fahmi (2007, hal:12), proses encode dan decode juga tidak selalu menggunakan kunci. Proses decode juga tidak selalu menyertakan data asli yang belum diberi watermark. Terhadap watermark yang ter-ekstraksi dilakukan verifikasi yang dapat menghasilkan kesimpulan terhadap watermark tersebut. Proses verifikasi ini tidak selalu menyertakan citra asli.

2.4 Transformasi DCT

Cara melakukan perpindahan dari domain koordinat ke domain frekuensi yaitu dengan menggunakan DCT (Discrete Cosine Transform). Menurut Rodiah (2004, hal:19), pada dasarnya DCT

merupakan suatu transformasi one-to-one mapping dari suatu array yang terdiri dari nilai pixel menjadi komponen-komponen yang terbagi berdasarkan frekuensinya. Dengan memperhatikan efek pembulatan angka pada proses pembalikan kembali transformasi, maka transformasi pembalikan ini dikenal dengan IDCT (Inverse Discrete Cosine Transform). Menurut Fahmi (2007, hal:9), Discrete Cosine Transform adalah sebuah fungsi dua arah yang memetakan himpunan N buah bilangan real menjadi himpunan N buah bilangan real. Secara umum, DCT satu dimensi menyatakan sebuah sinyal diskrit satu dimensi sebagai kombinasi linier dari beberapa fungsi basis berupa gelombang kosinus diskrit dengan amplitudo tertentu. Masing-masing fungsi basis memiliki frekuensi yang berbeda-beda, sehingga transformasi DCT termasuk ke dalam transformasi ranah frekuensi. Amplitudo fungsi basis dinyatakan sebagai koefisien dalam himpunan hasil transformasi DCT. Menurut Khayam (2003, hal:4), DCT satu dimensi didefinisikan pada persamaan berikut :

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

$C(u)$ menyatakan koefisien ke- u dari himpunan hasil transformasi DCT. $f(x)$ menyatakan anggota ke- x dari himpunan asal. N menyatakan banyaknya suku himpunan asal dan himpunan hasil $a(u)$ dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$a(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & , u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & , 1 \leq u \leq N-1 \end{cases}$$

Transformasi balikan yang memetakan himpunan hasil transformasi DCT ke himpunan bilangan semula disebut Invers DCT (IDCT). IDCT didefinisikan oleh persamaan di bawah ini :

$$f(x) = a(u)C(u) \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2N}, \quad 0 \leq u \leq N-1$$

DCT dua dimensi dapat dipandang sebagai komposisi dari DCT pada masing-masing array dimensi. Sebagai contoh, jika himpunan bilangan real disajikan dalam array 2 dimensi, maka DCT dua dimensi dilakukan dengan cara melakukan DCT satu dimensi terhadap masing-masing baris dan kemudian melakukan DCT satu dimensi terhadap masing-masing kolom dari hasil DCT tersebut. Transformasi DCT dua dimensi dapat dinyatakan dengan persamaan :

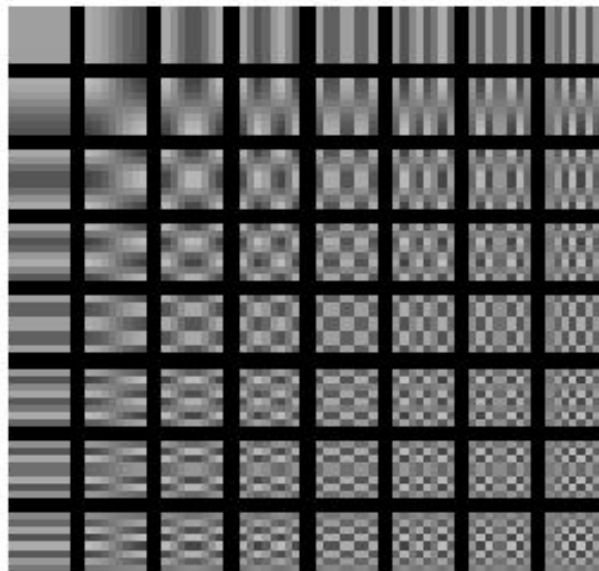
$$C(u, v) = a(u)a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N}$$

Sedangkan rumus untuk IDCT (invers dari DCT) adalah sebagai berikut :

$$f(x, y) = a(u)a(v)C(u, v) \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N}$$

Keterangan :

1. $C(u, v)$ adalah titik koordinat dari matriks yang telah mengalami transformasi DCT 2 dimensi.
2. M dan N adalah banyak kolom dan baris. Apabila ukuran matriks adalah 8×8 , maka nilai M dan N adalah 8.
3. $a(u)$ dan $a(v)$ adalah himpunan hasil yang nilainya ditentukan dari nilai koefisien u dan v .
4. $f(x, y)$ adalah nilai pixel dari matriks pada titik (x, y) .

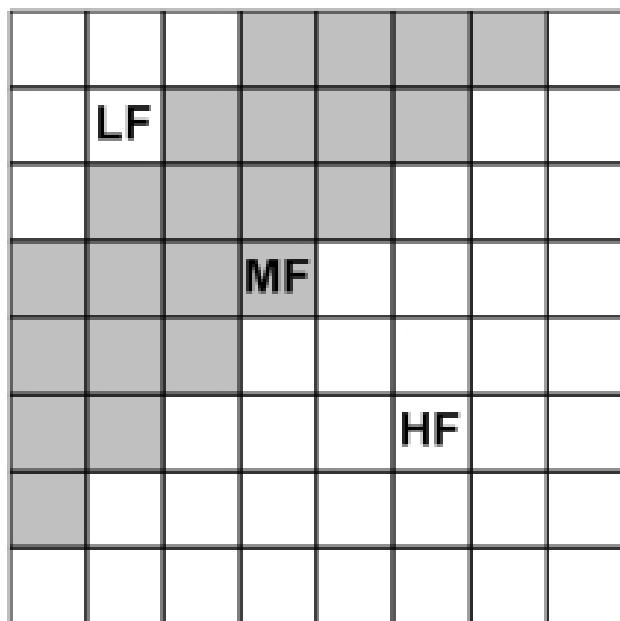


Gambar 4: Fungsi Basis dari Matriks 8 x 8

5. π bernilai 180^0

Berikut adalah 64 fungsi basis dari matriks 8 x 8

Menurut Fahmi (2007, hal:10), pada transformasi DCT dikenal juga istilah frekuensi rendah, frekuensi menengah, dan frekuensi tinggi. Hal ini berkaitan dengan frekuensi gelombang pada fungsi basis DCT. Jika frekuensi fungsi basisnya kecil, maka koefisien yang berkorespondensi disebut koefisien frekuensi rendah. Gambar 2.4 menunjukkan contoh pembagian koefisien berdasarkan frekuensinya pada DCT 8 x 8 menurut Hernandez (2000, hal:61). LF menyatakan daerah koefisien frekuensi rendah, MH menyatakan daerah koefisien frekuensi menengah, dan HF menyatakan daerah koefisien frekuensi tinggi.



Gambar 5: Pembagian Koefisien Frekuensi DCT Untuk Ukuran 8 x 8

2.5 Penyisipan Bit

Proses penyisipan watermark dengan metode Discrete Cosine Transform (DCT) adalah metode kompresi DCT yang dimodifikasi dengan melakukan manipulasi pada kawasan frekuensi hasil DCT. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zheng et al (2008, hal:283), maka luas watermark maksimum yang dapat ditampung dalam suatu citra asli adalah :

$$L_{max} = \frac{N^2}{64}$$

dimana N adalah panjang sisi citra asli. Dalam penelitian ini, ukuran blok yang digunakan adalah 8×8 sehingga luas blok adalah 64. Di setiap blok 8×8 citra asli disisipkan 1 bit watermark. Oleh karena itu, syarat suatu watermark dapat ditampung dalam citra asli adalah :

$$M_w \times N_w \leq L_{max}$$

dimana M_w adalah panjang citra watermark dan N_w adalah lebar citra watermark. Dengan kata lain, luas dari citra watermark harus lebih kecil atau sama dengan luas watermark maksimum. Teknik menyisipkan informasi bit pada matrix hasil DCT dua dimensi merupakan penyederhanaan dari teknik RSPPMC dari IEEE. Ada beberapa cara dalam menentukan pemilihan posisi penyisipan watermark. Menurut Fahmi (2007, hal:19), yang perlu diperhatikan adalah pemilihan posisi penyisipan watermark karena dapat berpengaruh pada fidelity dan robustness. Penyisipan pada koefisien berfrekuensi rendah lebih robust (tahan) terhadap modifikasi citra, tetapi lebih mudah mengakibatkan perubahan yang dapat terlihat. Sebaliknya, penyisipan pada koefisien berfrekuensi tinggi tidak mengakibatkan perubahan yang terlalu besar, tetapi kurang robust terhadap modifikasi citra. Karena itu, sebagai trade off antara fidelity dan robustness, banyak skema watermarking yang melakukan penyisipan pada koefisien frekuensi menengah. Pada matrix hasil DCT, frekuensi tengah biasanya berada daerah dengan nomor baris antara 4 sampai 7 atau nomor kolom antara 4 sampai 7. Dalam menyisipkan bit, terlebih dahulu pilih dua lokasi matriks yang berada pada frekuensi menengah. Kedua lokasi tersebut sebaiknya memiliki jumlah baris dan kolom yang sama agar berada pada frekuensi yang dekat (Rodiah, 2004).

2.6 Korelasi

Ekstraksi watermark dapat dilakukan dengan cara membandingkan koefisien DCT citra yang diduga memiliki watermark dengan koefisien DCT citra asli. Data watermark yang diekstraksi kemudian dibandingkan dengan data watermark asli. Korelasi adalah penghitungan perbedaan antara dua matriks. Salah satu cara untuk membandingkan watermark adalah dengan menghitung koefisien korelasi dan dibandingkan sampai batas tertentu. Jika koefisien korelasi mendekati atau sama dengan nilai batas tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa watermark yang diekstraksi dari citra yang diuji memiliki kemiripan dengan watermark asli (Fahmi, 2007). Menurut Murinto (2005, hal:4), nilai korelasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} W_{ij}^*}{\sum_i \sum_j W_{ij}^2}$$

Keterangan :

1. W_{ij} adalah nilai pixel pada lokasi (i, j) untuk watermark asli.
2. W_{ij}^* adalah nilai pixel pada lokasi (i, j) untuk watermark hasil ekstraksi.
3. NC adalah korelasi atau normalized cross correlation, $(0 \leq NC \leq 1)$.

Tetapi dalam pembuatan jurnal ini korelasinya dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$NC = |W_{ij} - W_{ij}^*|$$

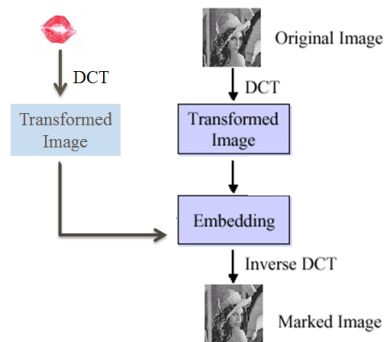
Keterangan :

1. W_{ij} adalah nilai pixel pada lokasi (i, j) untuk watermark ekstrak asli.
2. W_{ij}^* adalah nilai pixel pada lokasi (i, j) untuk watermark yang akan diuji.
3. NC adalah korelasi atau normalized cross correlation, $(0 \leq NC \leq 1)$.

Jika NC bernilai matrix nol atau pixel nol maka watermark yang diekstraksi dari citra yang diuji memiliki kemiripan dengan watermark asli.

2.7 Alur Kerja

Berikut adalah bagan yang kami lakukan secara garis besar : Penyisipan Watermark



Gambar 6: Penyisipan Watermark

3 Kesimpulan

1. Penyisipan Watermark

Pada visible watermarking, baik proses penyisipan pada citra berwarna ataupun grayscale, dengan terlebih dahulu menginputkan source (Gambar yang akan di watermark) dan kemudian melakukan proses DCT pada gambar tersebut, dengan terlebih dahulu memartisi gambar tersebut menjadi berukuran 8x8 (agar lebih robust), dimana hasil DCT-nya berbentuk frekuensi setelah itu, menginputkan watermark dan mengubah watermark tersebut sehingga ukuran panjang dan lebar dari watermark tersebut, menjadi setengah dari panjang dan lebar dari ukuran source, kemudian dilakukan proses DCT pada watermark tersebut, setelah itu hasil DCT dari watermark ditambahkan ke hasil DCT source lalu melakukan proses balikan (Invers Image) dari jumlahan kedua DCT tersebut agar menjadi sebuah gambar yang berwatermark. Sedangkan pada invisible watermarking proses yang dilakukan sama dengan visible watermarking yang berbeda hanya pada proses penanaman watermark, yaitu mengubah ukuran panjang dan lebar dari watermark tersebut, menjadi seperdelapan dari panjang dan lebar dari ukuran source, sehingga watermark menjadi semakin kecil dan mengakibatkan watermark menjadi tak terlihat.

2. Pengekstrakkan Watermark

Pada proses pengekstrakkan watermark baik visible ataupun invisible untuk citra berwarna ataupun grayscale memiliki metode yang sama yaitu dengan menginputkan gambar berwatermark kemudian mengubah ukuran agar bisa dilakukan proses DCT, setelah itu memanggil fungsi `get_xy_point`, `get_xy_point` adalah fungsi yang berguna sebagai pemanggil atau pemisah dari gambar asli dengan watermarknya, kemudian watermark di invers image-kan atau dilakukan proses `idct` (Invers DCT) agar menjadi sebuah gambar yaitu watermarknya.

3. Cek Keaslian Watermark

Dalam pengecekan dua watermark, digunakan korelasi antara dua matriks dari watermark ekstrakan dan watermark uji, matlab telah menyediakan fungsi korelasi secara default sehingga tinggal kami gunakan saja.

4 Saran

Pada jurnal ini proses watermarking hanya pada image digital, dengan menggunakan media penyisipan berupa image (gambar). Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi proses watermarking dengan menggunakan media penyisipan berupa text watermarking, audio watermarking, ataupun video watermarking. Selain itu perlu ada penelitian lebih lanjut lagi jika proses watermark yang digunakan menggunakan metode transformasi selain DCT misal metode DWT, DFT, dll. Kemudian untuk pengecekan keaslian watermark, patut dipikirkan juga jika yang dibandingkan adalah watermark asli dengan suatu citra yang akan diuji kemiripannya, bukan membandingkan watermark hasil ekstraksi dengan citra yang akan diuji kemiripannya.

5 Referensi

- Away, Gunaidi Abdia. 2006. MATLAB PROGRAMING. Bandung : Informatika.
- Sugihartono, Aris. 2006. Pemrograman GUI dengan MATLAB. Yogyakarta : Andi.
- Fahmi.2007.Studi dan Implementasi Watermarking Citra Digital dengan Menggunakan Fungsi Hash.Indonesia : Institut Teknologi Bandung
- Persada, Bayu Adi.2009.Perbandingan Teknik Penyembunyian Data Dalam Domain Spasial dan Domain Frekuensi pada Image Watermarking.Bandung.Institut Teknologi Bandung
- Lyons, G.Lions.2001.Understanding Digital Signal Processing.Canada : Pentrice Hall PTR.
- Patel, Monika dan Priti Srivinis Sajja. 2015.A Robust DCT Based Digital Image Watremarking Using Fusion of Computational Intelligence Techniques. India : Oriental Scientific Publishig Co.
- V. Radhika Totla dan K.S.Bapat.2013.Comperative Analysis of Watermarking in Digital Images Using DCT & DWT. India : MIT College of Engineering
- Jagadeesh,B. and D.Praveen Kumar.Robust Digital Image Watermarking Scheme based on DCT and BPNN. India : GVP College of Engineering

- Munir, Rinaldi.2010.Image Watermarking untuk Citra Berwarna dengan Metode Berbasis Korelasi dalam Ranah DCT.Indonesia.Institut Teknologi Bandung
- Fadilah.Umul, dkk.2014.Perbandingan Kinerja Sistem Kompresi Pada Citra Digital Retinopathy Berbasis Transformasi DCT dan DFT. Semarang : Universitas Dian Muswantoro
- Fauzar.Arif, Ibnu.M, dkk.2015.Perbandingan Teknik DCT, SVD, ADI, TWD, dan IDA dalam Penyisipan Watermark pada Citra Digital.Indonesia.Kampus Binawidya