

Teknik Pembubuhan Watermark Kasat Mata untuk Citra Digital pada Ranah Frekuensi

Nicholas Chen / 13519029

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13519029@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi mempercepat laju perkembangan ilmu pada berbagai bidang, salah satunya dengan cara mempermudah penyebaran informasi. Namun muncul sebuah isu dari hal ini yaitu sulitnya mengidentifikasi kepemilikan dari suatu informasi yang dibagikan di internet. Salah satu cara untuk menandai kepemilikan akan suatu citra digital menggunakan *watermark* kasat mata. Dengan begitu, *watermark* tidak akan terlihat oleh mata telanjang manusia, namun *watermark* tetap dapat diperoleh kembali menggunakan algoritma *decoding*. Metode ini memanfaatkan algoritma DWT dan DCT untuk menyimpan *watermark* pada bagian frekuensi tengah citra. Metode ini juga memiliki ketahanan atas beberapa operasi pengolahan citra.

Keywords—Citra Digital, Watermark kasat mata, Discrete Wavelet Transform, Discrete Cosine Transform

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini kemajuan teknologi hampir mendisrupsi berbagai aspek pada kehidupan manusia. Mulai dari segi pendidikan, ekonomi, politik, hingga seni tidak luput dari pengaruh dan bantuan teknologi. Sebelum adanya teknologi, orang membuat seni pada berbagai media dan dengan berbagai cara seperti melukis di kanvas, membuat pahatan pada batu atau kayu, dan lain sebagainya. Seni-seni yang telah dibuat ini dapat ditunjukkan dengan cara dipajang maupun dipamerkan pada suatu acara tertentu. Dengan hadirnya teknologi, kini orang dapat membagikan hasil karya mereka dalam bentuk citra hasil potret maupun membuat seni mereka menggunakan kanvas digital. Walaupun hal ini dapat memudahkan orang untuk saling menunjukkan dan mengekspresikan seni mereka, disisi lain hal ini juga membuat kasus pencurian seni ataupun pengambilan konten tanpa izin semakin meningkat. Untuk itu metode yang dapat meminimalisir kejadian tersebut sangat dibutuhkan.



Gambar 1.1 Contoh citra digital yang dibubuhi watermark berbentuk text biasa

Beberapa orang telah mencoba untuk membubuhkan *watermark* pada citra seni yang mereka miliki. Bentuk dari *watermark* yang digunakan pun bervariasi, mulai dari tulisan teks biasa, pola tertentu, hingga logo yang khas oleh masing-masing pemilik citra. Namun hal ini menimbulkan masalah baru karena beberapa orang merasa *watermark* yang dibubuhi tersebut dinilai mengganggu atau merusak penampilan citra semula.

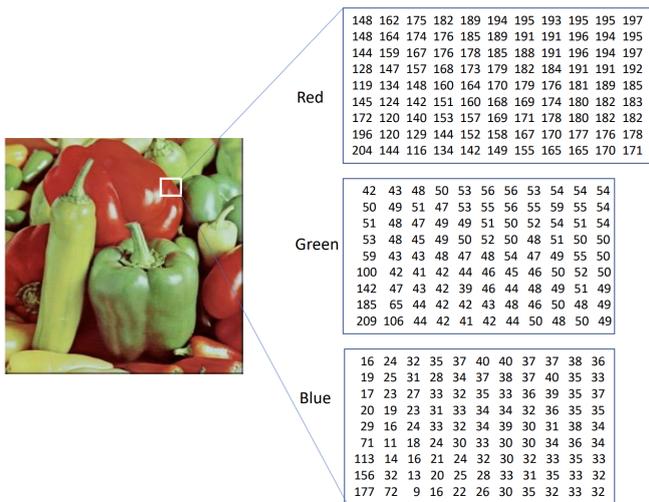
Oleh karena itu, makalah ini akan fokus untuk membahas mengenai salah satu teknik untuk membubuhkan *watermark* yang kasat mata pada citra digital. Teknik yang digunakan akan beroperasi pada citra yang telah dikonversi ke ranah frekuensi. Setelah proses pembubuhan selesai, citra akan kembali dikonversi ke dalam ranah spasial. Selain itu, citra yang telah dibubuhkan *watermark* kasat mata ini juga akan diuji dengan beberapa operasi pengolahan citra seperti pengompresan citra, pemberian *noise* pada citra, pemberian *overlay* dan *masking*, dan teknik pengolahan citra lainnya.

II. LANDASAN TEORI

A. Citra digital

Pada citra digital, citra direpresentasikan oleh sekumpulan pixel berbentuk *grid* atau matriks. Jenis data yang terkandung pada citra digital adalah diskrit. Setiap pixel pada citra digital menyimpan nilai dari derajat keabuan. Citra *grayscale* (citra hitam-putih) memiliki 1 nilai keabuan pada setiap pixel,

sedangkan citra berwarna RGB memiliki 3 nilai keabuan yang masing-masing merepresentasikan derajat keabuan untuk warna merah, hijau, dan biru.



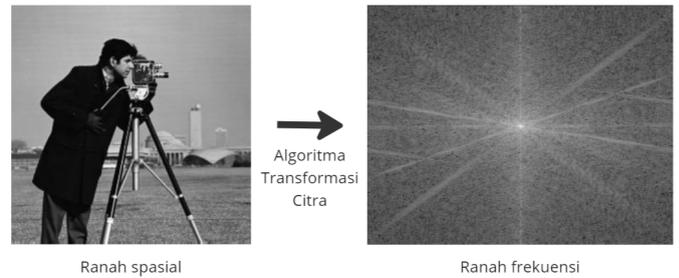
Gambar II.1 Nilai masing-masing pixel dari salah satu bagian citra RGB

Pada nilai-nilai derajat keabuan, citra kemudian dapat dimodifikasi dengan beberapa teknik pengolahan citra seperti *image enhancement*, *image compression*, *image reconstruction*, *image restoration*, dan lainnya. Pemodifikasian citra dapat dilakukan pada ranah spasial maupun ranah frekuensi. Pembubuhan *watermark* yang tampak merupakan salah satu contoh pemodifikasian citra pada ranah spasial. Nilai keabuan dari *watermark* yang ingin ditambahkan ke citra awal akan menimpa nilai-nilai keabuan pada pixel lokasi *watermark* pada citra awal.



Gambar II.2 Proses pembubuhan watermark tampak pada citra digital

Selain operasi dalam ranah spasial, terdapat juga operasi-operasi citra seperti penghapusan derau periodik yang dilakukan pada ranah frekuensi. Citra yang sebelumnya terletak pada ranah spasial dapat ditransformasi ke ranah frekuensi menggunakan algoritma seperti *Discrete Cosine Transform* (DCT) ataupun *Fourier Transform*.



Gambar II.3 Proses transformasi citra digital dari ranah spasial ke ranah frekuensi

B. Watermark

Watermark adalah text, pola, atau logo yang disematkan pada suatu citra. Tujuannya adalah untuk mempersulit citra original untuk disalin dan diambil tanpa izin pemilik citra. *Watermark* ini sering dipakai pada saat berbagi citra melalui sosial media seperti youtube, twitter, instagram dan sebagainya untuk mencegah pihak lain memposting citra yang sama tanpa izin.

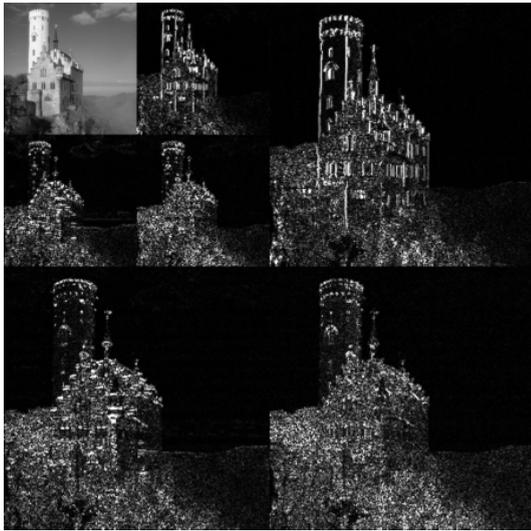


Gambar II.4 Contoh citra watermark jenis text

Sama seperti citra umumnya, watermark sebenarnya juga merupakan sebuah citra yang dibubuhkan di atas citra lainnya. Seperti yang dapat dilihat pada gambar II.4, *watermark* yang dibubuhkan akan menimpa sebagian dari citra original. Hal ini walaupun efektif dalam mempersulit proses penyalinan citra original, namun disisi lain juga merusak kualitas dari citra.

C. Discrete Wavelet Transform

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan salah satu algoritma yang mengolah gambar dalam domain frekuensi. Algoritma ini umumnya digunakan untuk transformasi citra, membantu proses kompresi citra, serta untuk menyembunyikan rahasia pada bidang steganografi.



Gambar II.5 Contoh citra hasil algoritma DWT

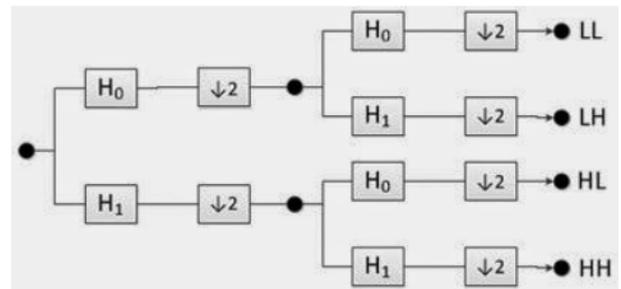
Algoritma ini akan mendekomposisi citra awal menjadi 4 buah upa-citra baru. Setiap upa-citra tersebut memiliki ukuran $\frac{1}{4}$ kali lebih kecil dari citra awal. Citra pada bagian atas kiri mengandung komponen berfrekuensi rendah, sedangkan tiga bagian lainnya mengandung komponen berfrekuensi tinggi. Oleh karena citra pada bagian atas kiri memiliki kemiripan yang tinggi dengan citra awal dan ketiga bagian lainnya yang nilainya cenderung rendah atau bernilai nol, maka algoritma ini dapat digunakan untuk membantu proses kompresi citra.

Proses dekomposisi pada algoritma ini dibagi menjadi 2, yaitu dekomposisi perataan dan dekomposisi pengurangan. Pada citra 1 dimensi, nilai pada citra akan dipasangkan secara sepasang untuk dihitung rata-ratanya, setelah itu dari setiap pasangan nilai tersebut juga akan dihitung pengurangannya. Berikut formula dari dekomposisi perataan dan pengurangan secara berturut-turut untuk 2 pasang nilai:

$$p_{average} = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$$

$$p_{difference} = \frac{x_i - x_{i+1}}{2}$$

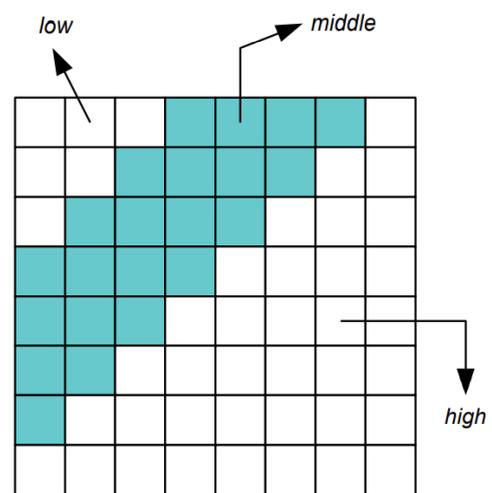
Pada citra 2 dimensi dengan nilai RGB, masing-masing warna akan diproses secara terpisah. Selanjutnya, masing-masing matriks warna akan dilakukan transformasi pada baris matriks dan dilanjutkan dengan transformasi pada kolom matriks. Proses transformasi yang dilakukan mirip seperti pada transformasi citra 1 dimensi.



Gambar II.6 Diagram proses transformasi DWT pada citra 2 dimensi

D. Discrete Cosine Transform

Discrete Cosine Transform (DCT) juga merupakan salah satu algoritma yang dapat mengubah citra dari ranah spasial ke dalam ranah frekuensi. Algoritma ini membagi citra awal kedalam 3 buah ranah frekuensi, yaitu frekuensi rendah, frekuensi sedang, dan frekuensi tinggi.



Gambar II.7 Diagram proses transformasi DWT pada citra 2 dimensi

Pada citra yang akan ditransformasi, setiap nilai pada citra akan diubah sehingga frekuensi citra terbentuk seperti pada gambar diatas. Nilai hasil transformasi pada ujung kiri atas disebut juga sebagai koefisien DC, sedangkan nilai selain itu disebut juga sebagai koefisien AC. Nilai pada koefisien DC tidak boleh rusak karena mengandung sebagian besar informasi pada citra, sedangkan jika nilai koefisien AC sedikit diubah tidak mempengaruhi citra awal secara signifikan. Berikut adalah formula yang digunakan untuk mengubah masing-masing nilai pada citra dari ranah spasial ke ranah frekuensi menggunakan DCT:

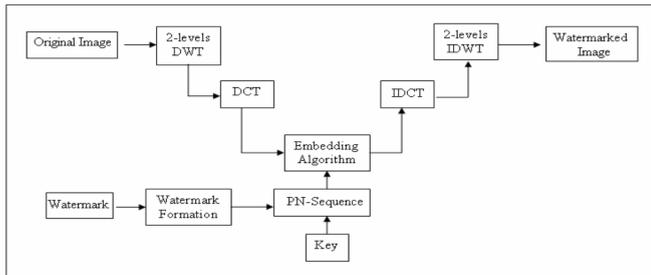
$$C(u, v) = a_u a_v \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2N}$$

Algoritma ini umumnya digunakan pada *lossy image compression* seperti JPEG. Kebanyakan informasi yang penting akan tersimpan pada ranah frekuensi rendah sehingga jika pada ranah frekuensi sedang dan tinggi dilakukan kompresi yang *lossy*, kualitas citra setelah kompresi tidak jauh berbeda dengan kualitas citra awal.

III. METODE PENYELESAIAN MASALAH

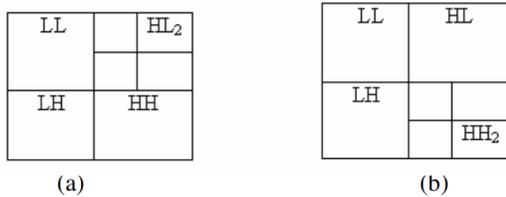
Pada bagian ini akan dibahas mengenai cara kerja dari pembubuhan watermark yang kasat mata. Setelah itu, hasil citra dari algoritma ini akan diuji menggunakan beberapa operasi pengolahan citra untuk mengetahui rusak tidaknya watermark yang telah dibubuhi tersebut

A. Proses pembubuhan watermark yang kasat mata



Gambar II.8 Diagram alur kerja pembubuhan watermark kasat mata

Untuk memberikan *watermark* yang kasat mata pada citra, citra awal perlu diproses dengan serangkaian tahapan terlebih dahulu. Pertama, citra awal akan ditransformasi ke dalam ranah frekuensi menggunakan algoritma DWT untuk 2 pasang nilai sehingga menghasilkan 4 buah upa-citra dengan label LL_1 , HL_1 , LH_1 , dan HH_1 . Setelah itu, terapkan algoritma DWT kembali pada HL_1 untuk mengambil upa HL_2 seperti pada gambar (a) atau pada HH_1 untuk mengambil upa HH_2 seperti pada gambar (b) (terdapat 2 alternatif cara). upa yang telah diambil akan dibagi menjadi blok berukuran 4x4 untuk diterapkan DCT pada masing-masing bloknya.



Gambar II.9 Dua macam alternatif tempat untuk menepatkan watermark

Citra dari *watermark* yang ingin dimasukkan perlu diubah menjadi citra biner. Setelah itu, buat 2 pseudorandom sequence masing-masing untuk bit 0 dan bit 1 pada citra *watermark*. Jumlah elemen pada sekuens tersebut harus sama dengan panjang elemen mid-band dari hasil transformasi DCT sebelumnya. Setelah itu, *watermark* dapat disematkan pada setiap blok pada hasil transformasi DCT dengan menggunakan gain factor α dalam formula sebagai berikut:

$$X = X + \alpha * PN_0, \text{ untuk bit 0}$$

$$X = X + \alpha * PN_1, \text{ untuk bit 1}$$

Setelah proses penyematkan selesai, citra yang sudah memiliki *watermark* akan dikembalikan ke ranah spasial dengan menggunakan Inverse Discrete Cosine Transform (IDCT) pada masing-masing blok dan diikuti dengan Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT) sebanyak 2 kali sehingga diperoleh kembali citra awal dengan *watermark* yang kasat mata.

Pada python sudah terdapat sebuah library yang menerapkan algoritma diatas. Pada library "imwatermark", kita dapat import WatermarkEncoder dan menggunakan metode 'dwtDct' untuk meng-encode citra yang dipilih. Berikut kode singkat untuk meng-encode *watermark* text pada citra:

```
import cv2
from imwatermark import WatermarkDecoder

def put_watermark(img, wm_encoder):
    img = cv2.cvtColor(np.array(img),
cv2.COLOR_RGB2BGR)
    img = wm_encoder.encode(img, 'dwtDct')
    img = Image.fromarray(img[:, :, ::-1])
    return img

wm = "ContohTextWatermark"
wm_encoder = WatermarkEncoder()
wm_encoder.set_watermark('bytes', wm.encode('utf-8'))
img = put_watermark(img, wm_encoder)
```

B. Ketahanan watermark pada beberapa jenis operasi citra

Watermark yang sudah di-encode dapat di-decode menggunakan kode seperti dibawah ini. Namun *watermark* yang baik adalah *watermark* yang dapat tetap bertahan walaupun citra tersebut dimanipulasi lebih lanjut.

```
import cv2
from imwatermark import WatermarkDecoder

def testit(img_path):
    bgr = cv2.imread(img_path)
    decoder = WatermarkDecoder('bytes', 136)
    watermark = decoder.decode(bgr, 'dwtDct')
    dec = watermark.decode('utf-8')
    print(dec)
```

Untuk mengetahui hal tersebut, pada citra yang telah dibubuhkan *watermark* kasat mata akan dilakukan serangkaian operasi pengolahan citra sebelum dilakukan proses decode *watermark*. Berikut adalah hasil dari uji beberapa operasi pengolahan:

| Operasi Pengolahan | <i>Watermark</i> dapat tetap diperoleh kembali |
|---|--|
| Kompresi JPG  | ✓ |
| Pemberian <i>noise</i>  | ✓ |
| Peningkatan/penurunan <i>brightness</i>  | ✓ |
| Pemberian <i>overlay</i> pada bagian citra  | ✓ |
| Pemberian <i>mask</i> pada bagian citra  | ✓ |

| | |
|--|---|
| <i>Cropping</i>  | X |
| <i>Resizing</i>  | X |
| <i>Rotating</i>  | X |

IV. KESIMPULAN

Watermark kasat mata dapat digunakan sebagai pengganti *watermark* tampak pada citra digital. *Watermark* kasat mata yang diterapkan pada citra digital tidak akan terlihat oleh manusia, namun tetap bisa di-decode untuk diambil kembali *watermark* yang telah disisipkannya.

Watermark ini juga dapat bertahan terhadap beberapa operasi pengolahan citra seperti kompresi JPG, pemberian noise pada gambar, peningkatan atau penurunan brightness, serta pemberian overlay/mask. Hal ini membuat metode *watermark* ini dapat diaplikasikan dengan baik di dunia nyata. Namun perlu dicatat bahwa dibutuhkan penanganan lebih lanjut agar *watermark* kasat mata yang telah disisipkan tetap dapat diambil jika citra dilakukan crop, resize, maupun rotating.

REFERENCES

- [1] https://www.researchgate.net/publication/26621646_Combined_DWT-DCT_digital_image_watermarking, diakses pada 14 Desember 2022

- [2] <https://www.computerhope.com/jargon/w/watermar.htm>, diakses pada 14 Desember 2022
- [3] <https://www.ketutrare.com/2014/10/penjelasan-discrete-wavelet-transform.html>, diakses pada 14 Desember 2022
- [4] <https://www.geeksforgeeks.org/discrete-cosine-transform-algorithm-program/>, diakses pada 14 Desember 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 14 Desember 2022



Nicholas Chen
13519029