

WATERMARKING CITRA DIGITAL DENGAN INFORMATION DISPERSAL ALGORITHM (IDA) DAN ALGORITMA HUFFMAN

Bambang T.J. Hutagalung, Andrian Syahputra

Jurusan Magister (S2) Teknik Informatika, Universitas Sumatera Utara, Medan

e-mail: btjh@ymail.com, andriansyahputra4@gmail.com

Abstract

This thesis is aimed to discuss how to determine the originality of digital image of an ownership claim by the irresponsible parties. It can be carried out by applying the watermarking process by using Information Dispersal Algorithm (IDA). The watermarking process can be done through decoding and encoding process by using Huffman algorithm theory to keep the confidentiality of the generating parameter. In improving the confidentiality of a watermarked digital images, the detection and the extraction process are applied to the watermarked digital images which have similar size with the original one, or by resizing the watermarked digital images. Those images have been inserted will be decrease quality. For evaluating this images by using steganography is objectively that is by calculating Mean Square Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). From this research either test on original digital image or watermarked digital image will not be significant changed. This shows that comparative quality between original digital image and watermarked digital image will not be differently. So that, it can conclude quality image at steganography will be decrease but it is less, or it can be state that quality image is good.

Keywords—digital image, watermarking, Information Dispersal Algorithm (IDA), Huffman Algorithm, Mean Square Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR).

Abstrak

Penelitian ini memaparkan bagaimana menunjukkan keaslian citra digital dari tindakan klaim kepemilikan citra digital oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Hal tersebut dapat dilakukan dengan proses watermarking menggunakan Information Dispersal Algorithm (IDA). Untuk menjaga kerahasiaan parameter pembangkit proses watermarking dapat dilakukan dengan proses encoding dan decoding dengan algoritma Huffman. Pembuktian keaslian citra digital ter-watermark dilakukan dengan proses deteksi dan ekstraksi watermark pada citra digital ter-watermark yang memiliki ukuran yang sama dengan citra digital asli, maupun yang telah mengalami perubahan ukuran. Citra yang telah disisipi data akan mengalami penurunan kualitas. Untuk mengevaluasi kualitas citra hasil steganografi adalah dengan penilaian secara obyektif yaitu menghitung nilai Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Dari hasil pengujian pada citra digital asli dan citra digital watermark tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan kualitas antara citra asli dan citra watermark tidak jauh berbeda. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas citra pada steganografi mengalami penurunan namun sangat kecil, atau dapat dikatakan bahwa kualitas citra tetap baik.

Kata kunci—citra digital, watermarking, Information Dispersal Algorithm (IDA), algoritma Huffman, Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR).

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi yang cukup pesat telah merambah hingga ke berbagai aspek kehidupan manusia, mulai dari berkomunikasi, bersosialisasi bahkan dalam bidang pekerjaan, termasuk dalam hal pertukaran data dan informasi menggunakan media komunikasi elektronik yang semakin canggih, fleksibel dan kompatibel. Data dan informasi tersebut dapat berupa

multimedia seperti teks, citra digital, audio dan *video*^[17]. Yang sering dijumpai di berbagai perangkat elektronika seperti *handphone*, tablet dan *smartphone*.

Citra digital akan menjadi penting apabila ada informasi yang terkandung di dalamnya, misalnya citra digital amatir tentang suatu kejadian atau citra digital hasil karya intelektual seseorang, karena citra digital tersebut mengandung nilai informasi yang penting, maka menguntungkan bagi si pemilik citra digital tersebut. Kondisi seperti ini dapat menarik perhatian pihak yang tidak bertanggung-jawab untuk menyalahgunakannya. Penyalahgunaan tersebut dapat berupa tindakan klaim kepemilikan terhadap suatu citra digital yang bukan miliknya, sehingga si pemilik asli harus melakukan sesuatu. Oleh karena itu, perlu ada upaya menguji orang yang mengklaim kepemilikan atas citra digital tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh si pemilik asli, dapat berupa penyisipan *watermark* terhadap citra digital miliknya. Ternyata, metode *watermarking* masih bisa dipecahkan orang lain, dimana permasalahan terletak pada algoritma dan parameter pembangkit *watermarking* yang perlu ditingkatkan. Maka harus ada yang diteliti terhadap algoritmanya agar dapat menutupi kelemahannya.

Adapun penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dalam *watermarking*, antara lain adalah penelitian yang dilakukan oleh Bhaskari^[2] yang menyisipkan *watermark* dengan modifikasi nilai *pixel* tertentu yang tersebar pada seluruh bagian citra digital asli. Penelitian yang dilakukan oleh Hsu and Tu^[6] tentang menyisipkan *watermark* ke daerah kasar lebih baik daripada menyisipkan ke daerah halus dari suatu citra digital. Penelitian yang dilakukan oleh Li^[9] yang menerangkan tentang *Information Dispersal Algorithm* (IDA) yang handal dan aman pada transmisi file data dalam sistem terdistribusi, namun memiliki tingkat kerahasiaan yang lemah dalam rekonstruksi file.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengalisa pengaruh peletakan *watermark* dan parameter pembangkit *watermarking*. Sehingga dapat menunjukkan keaslian dari citra digital ter-*watermark* dan melindungi kerahasiaan parameter pembangkit proses *watermarking*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana menunjukkan keaslian citra digital ter-*watermark* apabila mengalami modifikasi ukuran dan melindungi kerahasiaan parameter pembangkit *watermarking*.

1.3. Batasan Masalah

Dalam proses *watermarking* menggunakan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman dilakukan beberapa batasan sebagai berikut:

- 1) Citra digital yang digunakan adalah citra berwarna RGB (*Red, Green, Blue*) dengan format .bmp, .jpg, .gif, .png, dan .tiff dengan ukuran maksimal citra digital 1000x1000 *pixel*.
- 2) Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3,4,5,6,7 dan 8.
- 3) Lokasi peletakan *watermark* yang akan diuji, akan diletakkan di bagian sudut kiri atas, kiri bawah, kanan atas, kanan bawah dan tengah dari citra digital.
- 4) Hanya teknik pemisahan atau penyebaran dari *Information Dispersal Algorithm* (IDA) yang digunakan, sedangkan teknik rekonstruksi tidak digunakan.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan keaslian citra digital yang ter-*watermark* yang telah mengalami modifikasi ukuran dan dapat melindungi kerahasiaan parameter pembangkit *watermarking* menggunakan teknik *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat menghasilkan suatu analisa mengenai keterkaitan dari peletakan *watermark* dan parameter pembangkit *watermarking*.
- 2) Algoritma yang dimodifikasi dapat diterapkan dan dikembangkan untuk penelitian selanjutnya dalam proses *watermarking*.
- 3) Dengan adanya aplikasi dari metode *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan Algoritma Huffman dapat berguna untuk *watermarking* citra digital sehingga dapat digunakan untuk menunjukkan keaslian kepemilikan citra digital tersebut.

2. METODE PENELITIAN

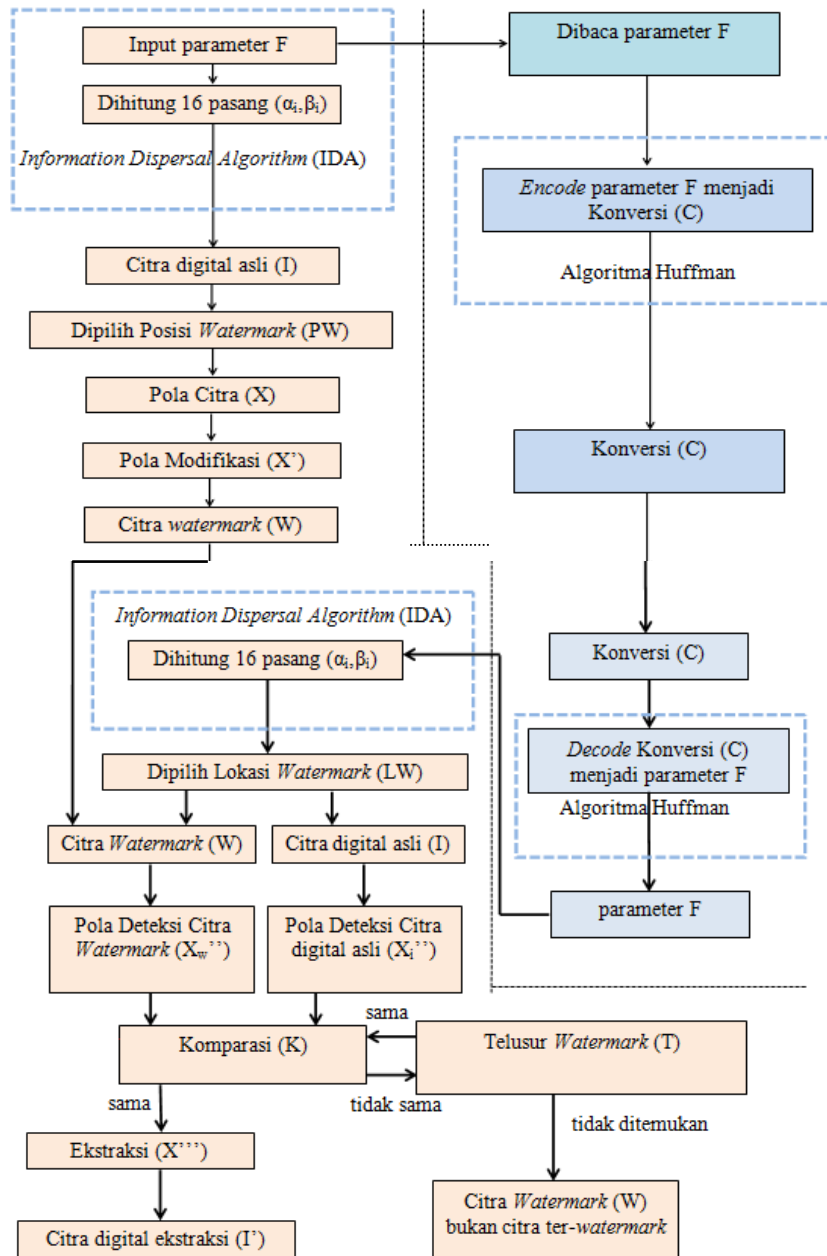
Dalam bab ini penulis akan menganalisis tentang *watermarking* citra digital dengan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan Algoritma Huffman. Skema *watermarking* dalam penelitian ini terdiri dari proses pembangkitan *watermark*, penyisipan *watermark*, pendeteksian *watermark* dan ekstraksi *watermark*.

2.1. Data citra digital yang digunakan

Dalam penelitian ini, citra digital yang digunakan sebagai Citra digital asli (I) adalah citra digital yang berwarna RGB (*Red, Green, Blue*) dalam bentuk format *.bmp, .jpg, .gif, .png, dan .tiff*. Ukuran maksimal dari citra digital yang digunakan adalah 1000x1000 *pixel*.

2.2. Analisis Proses *Watermarking*

Analisis proses *watermarking* yang akan dibahas dalam penelitian ini mencakup proses penyisipan *watermark*, deteksi *watermark* dan ekstraksi *watermark*. Proses penyisipan, deteksi dan ekstraksi *watermark* pada citra digital menggunakan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok proses Penyisipan, Deteksi dan Ekstraksi *Watermark* dengan (IDA) dan algoritma Huffman

Berdasarkan diagram blok pada gambar 2.1, langkah-langkah proses penyisipan *watermark* pada citra digital menggunakan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman dapat dibagi dalam dua langkah proses utama, yaitu proses penyisipan *watermark* dan proses deteksi dan ekstraksi *watermark*. Kedua proses tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

2.3. Proses Penyisipan *Watermark*

Berdasarkan gambar 2.1, proses penyisipan *watermark* pada citra digital menggunakan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman dapat diuraikan sebagai berikut:

2.3.1. Input parameter F

Pada tahap ini, dengan ditentukan jumlah angka (n) yang dipilih secara acak yang akan digunakan sebagai parameter F. Sedangkan angka-angka pada parameter F tersebut harus terdiri dari angka-angka yang berada dalam rentangan Z_p . Dimana Z_p adalah himpunan bilangan bulat yang terdiri dari bilangan bulat nol hingga $2n$.

2.3.2. Dihitung 16 pasangan (α, β)

Proses ini disebut juga dengan proses penyebaran yang menghasilkan 16 pasang (α, β) . Hasil proses ini tergantung angka-angka parameter F yang diberikan. Dimisalkan diberikan nilai parameter F = 1,2,3,7,8,15,10,11, maka 16 pasang (α, β) dapat dihasilkan dengan langkah-langkah berikut ini.

- 1) Ditentukan
 $\alpha = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16$ maka $n = 17$ dan $m = 8$.
- 2) Dihitung $\beta_i = \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{16}$ menggunakan rumus:

$$\beta_i = \sum_{j=0}^{m-1} f_j \cdot (\alpha_i)^j \quad (1)$$

$$\beta_i = \sum_{j=0}^7 f_j \cdot (\alpha_i)^j$$

$$= 1 + 2\alpha_i + 3\alpha_i^2 + 7\alpha_i^3 + 8\alpha_i^4 + 15\alpha_i^5 + 10\alpha_i^6 + 11\alpha_i^7$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka akan diperoleh:

- 3) Dari perhitungan di atas, maka parameter F disebarkan ke dalam 16 pasangan (α_i, β_i) , yaitu:
 $(0,1), (1,6), (2,9), (3,10), (4,9), (5,11), (6,15), (7,7), (8,11), (9,14), (10,6), (11,2), (12,15), (13,0), (14,10), (15,6)$.

2.3.3. Input Citra digital asli (I)

Pada tahap ini, Citra digital asli (I) yang digunakan sebagai input adalah citra yang berwarna RGB (*Red, Green, Blue*) dalam bentuk format *.bmp, .jpg, .gif, .png, dan .tiff*.

2.3.4. Dipilih posisi *watermark* (PW)

Dalam penelitian ini, posisi penyisipan *watermark* yang akan diuji terdiri dari lima lokasi, yaitu: di sudut kiri atas, di sudut kiri bawah, di sudut kanan atas, di sudut kanan bawah dan di tengah Citra digital asli (I). Berikut ini akan dijelaskan penentuan lokasi penyisipan *watermark* tersebut terdiri dari lima lokasi, yaitu: di sudut kiri atas, di sudut kiri bawah, di tengah, di sudut kanan atas, dan di sudut kanan bawah.

2.3.5. Pola Citra (X)

Dengan menjadikan titik awal $P(x_c, y_c)$ sebagai acuan untuk membentuk Pola Citra (X) dengan ukuran $n \times n$ *pixel*. Yaitu dengan cara menjadikan titik awal $P(x_c, y_c)$ sebagai titik (0,0) pada Pola Citra (X). Berikut ini akan dijelaskan tentang penentuan titik awal $P(x_c, y_c)$ yang menjadi titik (0,0) pada Pola Citra (X).

2.3.6. Pola Modifikasi (X')

Proses ini adalah proses perubahan gradiasi nilai *pixel* pada titik koordinat (α_i, β_i) yang ada pada Pola Citra (X), yang akan menghasilkan Pola Citra Modifikasi (X'). Caranya dengan melakukan perubahan nilai *pixel* di semua koordinat (α_i, β_i) yang berada pada Pola Citra (X), untuk mendapatkan Pola Modifikasi (X'). Pola Modifikasi (X') inilah yang akan digunakan sebagai

pembentuk *watermark*. Berikut ini adalah aturan untuk melakukan modifikasi nilai *pixel* agar diperoleh nilai *pixel* pada Pola Modifikasi (X').

Dimisalkan:

i merupakan bilangan bulat nol dan bilangan bulat positif

P_i merupakan nilai *pixel* pada titik koordinat (α_i, β_i) dalam Pola Citra (X).

n merupakan jumlah angka parameter F dan angka-angkanya diberi indeks i .

Maka algoritma yang dilakukan adalah sebagai berikut ini:

- 1) $i = 0$;
- 2) Semua P_i akan ditukar dengan $P_i - 1$.
- 3) Jika $P_i \leq 0$, maka P_i akan ditukar dengan $P_i = 0$
- 4) $i = i + 1$, jika $i == n$ maka $i = 0$.
- 5) Ulangi langkah 3 dan 4 hingga $2n$.

2.3.7. Citra *watermark* (W)

Pola Citra (X) yang sudah menghasilkan Pola Modifikasi (X'), kemudian ditanamkan atau disisipkan ke dalam Citra digital asli (I), sehingga akan dihasilkan Citra *Watermark* (W).

2.3.8. Dibaca parameter F

Setiap angka parameter F ditampung dalam sebuah variabel, diberi indeks dan dihitung semua frekuensi kemunculan setiap karakter. Hal ini dilakukan dengan menghitung semua karakter dari awal hingga akhir.

2.3.9. *Encoding* parameter F menjadi Konversi (C)

Proses ini terdiri dari beberapa langkah berikut:

- a) Diurutkan angka-angka parameter F dari yang terkecil hingga yang yang terbesar. Kemudian pada pembentukan pohon yaitu dengan membagi dua pohon menjadi frekuensi yang lebih kecil, kemudian dihubungkan pada sebuah akar. Akar tersebut kemudian dipisah kembali dan digabung dengan akar yang berada di atasnya (akar baru).
- b) Proses berikutnya yaitu proses rekursif dari proses kedua sehingga akar utama pohon memiliki frekuensi bernilai 1.
- c) Kemudian pada setiap sisi pohon di sebelah kiri diberi label "0" dan sisi di sebelah kanan diberi label "1".
- d) Penelusuran, penyimpanan dan pembentukan Konversi (C).

Penelusuran pohon biner akan menghasilkan Konversi (C). Konversi (C) adalah karakter yang terdiri dari bilangan biner pada sisi cabang pohon diikuti dengan karakter dari isi simpul daun yang dibaca atau dikunjungi dalam pohon biner yang terbentuk dari angka-angka parameter F . Langkah-langkah prosesnya adalah sebagai berikut.

- 1) Penelusuran simpul dimulai dari simpul terdalam yang belum diekspansi yang dimulai dari simpul akar.
- 2) Telusuri simpul paling kiri, jika ditemukan simpul daun, maka disimpan kode di sisi pohon dan isi dari simpul daun tersebut. Proses penyimpanannya akan diawali dengan simbol \$, kemudian diikuti dengan kode sisi cabang pohon, kemudian diikuti simbol \$ kemudian isi pohon tersebut.
Format penulisannya: kode_sisi\$isi_simpul_daun\$
- 3) Jika simpul daun sebelah kiri sudah dikunjungi, penelusuran mundur ke simpul sebelumnya dan jika simpul kanan belum dikunjungi, maka ekspansi simpul tersebut. Dan jika ditemukan simpul daun maka disimpan kode di sisi cabang pohon dan isi dari simpul daun tersebut. Tetapi jika simpul yang ditemui bukan sebuah simpul daun, maka lakukan langkah 2.). Proses dan format penyimpanann kode sisi cabang dan isi simpul daun, sama dengan langkah no. 2.).
- 4) Jika semua simpul sudah ditelusuri, maka ditambahkan \$ diakhiri seluruh karakter.

2.3.10. Konversi (C)

Isi karakter dari Konversi (C) yang telah terbentuk ini akan melindungi kerahasiaan dari angka-angka parameter F.

2.4. Proses Deteksi dan Ekstraksi *Watermark*

Proses deteksi dan ekstraksi *watermark* terhadap Citra *Watermark* (W) menggunakan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman dapat diuraikan sebagai berikut:

2.4.1. *Decoding* Konversi (C) menjadi parameter F

Proses *decoding* dilakukan dengan menggunakan algoritma Huffman. Langkah-langkah proses *decoding* Konversi (C) dapat diuraikan sebagai berikut.

- 1) Dibaca dan ditampung semua karakter Konversi (C).
- 2) Dibentuk pohon biner berdasarkan isi karakter dalam Konversi (C).
Berikut adalah proses pembentukan pohon biner tersebut.
 - a) Jika simpul akar belum ada, maka dibuat sebuah simpul akar. Jika tidak, maka digunakan simpul akar yang ada.
 - b) Dibaca karakter pertama dalam Konversi (C). Jika karakter pertama adalah simbol \$, maka dilakukan langkah (c.). Jika tidak karakter pertama adalah bukan simbol \$, maka diakhiri proses.
 - c) Selama Konversi (C) mengandung karakter, maka dilakukan langkah (d.)), (e.)) dan (f.)). Jika tidak, maka dilakukan langkah (g.)).
 - d) Selama karakter yang dibaca berikutnya bukan karakter simbol \$, maka lakukan langkah (e.)). Jika tidak, dilakukan langkah (g).
 - e) Jika karakter yang dibaca adalah "0" dan jika simpul belum ada, maka buat simpul ke cabang kiri, dan jika karakter adalah "1" dan jika simpul belum ada, maka buat simpul ke cabang kanan.
 - f) Jika karakter yang dibaca adalah simbol \$, maka isi simpul daun dengan karakter berikutnya dan selama belum dibaca karakter simbol \$, dan jika simbol \$ terbaca, maka lakukan langkah (d.)) kembali.
 - g) Penelusuran simpul dimulai dari simpul terdalam yang belum diekspansi dimulai dari simpul akar.
 - h) Telusuri simpul paling kiri, jika ditemukan daun, maka disimpan kode di sisi pohon dan isi dari daun tersebut.
 - i) Kemudian penelusuran mundur satu langkah dan menelusuri daun berikutnya pada cabang sebelah kanan, jika ditemukan daun maka disimpan kode di sisi pohon dan isi dari daun tersebut.
 - j) Kemudian mundur dua langkah dan telusuri daun yang disebelah kiri. Jika ditemukan daun, maka disimpan kode di sisi pohon dan isi dari daun tersebut.
 - k) Dilakukan langkah (j) selama belum ditemukan simpul akar. Jika ditemukan simpul akar, maka proses diakhiri.
 - l) Ditampilkan Konversi (C) menjadi parameter F yang diurutkan berdasarkan indeks dalam simpul daun.

2.4.2. Input parameter F

Parameter F yang telah di-*decode* dan menghasilkan urutan angka-angka parameter F, kemudian diinputkan sebagai pembangkit proses deteksi dan ekstraksi *watermark*. Parameter F yang diinputkan harus sama dengan parameter F yang digunakan pada proses penyisipan *watermark*. Jika tidak, maka proses deteksi dan ekstraksi *watermark* akan gagal dilakukan. Parameter F ini digunakan untuk membangkitkan pasangan (α_i, β_i) , dimana pasangan (α_i, β_i) ini digunakan untuk menentukan Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w''). Langkah proses ini sama dengan proses sebelumnya dalam menghasilkan 16 pasang (α, β) .

2.4.3. Dicari posisi *watermark* (PW)

Dalam proses ini, pencarian posisi *watermark* (PW) yang akan diuji sama dengan proses penyisipan *watermark*. Pencarian posisi *watermark* (PW) tersebut terdiri dari lima lokasi, yaitu: di sudut kiri atas, di sudut kiri bawah, di sudut kanan atas, di sudut kanan bawah dan di tengah Citra digital asli (I) dan Citra Digital *Watermark* (W).

2.4.4. Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'')

Dimisalkan peletakan *watermark* dilakukan pada bagian tengah dari Citra digital asli (I). Setelah membandingkan nilai *pixel* pada titik koordinat (α, β) berdasarkan parameter F yang diberikan, maka ditemukan kecocokan pola modifikasi nilai *pixel* yang sama dengan Citra Digital *Watermark* (W). Sebelum dilakukan perbandingan antara Pola Citra Deteksi digital asli (X_i'') dengan Pola Citra Deteksi *Watermark* (X_w''), maka semua nilai *pixel* dalam Citra digital asli (I) akan dideteksi untuk membentuk Pola Citra Deteksi digital asli (X_i''), dengan cara:

Dimisalkan:

Gr merupakan derajat warna merah (*red*) dari citra digital.

Gg merupakan derajat warna hijau (*green*) dari citra digital.

Gb merupakan derajat warna biru (*blue*) dari citra digital.

GT merupakan derajat warna rata-rata.

$$GT = (Gr + Gg + Gb)/3 \quad (2)$$

Nilai *pixel* Citra digital asli (I) yaitu GT akan dikelompokkan ke dalam tiga nilai kecerahan, yaitu:

- 1) Jika nilai *pixel* berada diantara $0 \leq GT \leq 100$ maka akan dikonversi menjadi 0 (hitam)
- 2) Jika nilai *pixel* berada diantara $101 \leq GT \leq 200$ maka akan dikonversi menjadi 125 (abu-abu)
- 3) Jika nilai *pixel* berada diantara $201 \leq GT \leq 300$ maka akan dikonversi menjadi 255 (putih)

2.4.5. Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w'')

Dimisalkan peletakan *watermark* dilakukan pada bagian tengah dari Citra Digital *Watermark* (W). Setelah membandingkan nilai *pixel* pada titik koordinat (α, β) berdasarkan parameter F yang diberikan, maka ditemukan kecocokan pola modifikasi nilai *pixel* yang sama dengan Citra digital asli (I).

Sebelum dilakukan perbandingan antara Pola Citra Deteksi *Watermark* (X_w'') dengan Pola Citra Deteksi digital asli (X_i''), maka semua nilai *pixel* dalam Citra *Watermark* (W) akan dideteksi untuk membentuk Pola Citra Deteksi *Watermark* (X_w''), dengan cara:

Dimisalkan:

Gr merupakan derajat warna merah (*red*) dari citra digital.

Gg merupakan derajat warna hijau (*green*) dari citra digital.

Gb merupakan derajat warna biru (*blue*) dari citra digital.

GT merupakan derajat warna rata-rata.

$$GT = (Gr + Gg + Gb)/3 \quad (3)$$

Nilai *pixel* Citra *Watermark* (W) yaitu GT akan dikelompokkan ke dalam tiga nilai kecerahan, yaitu:

- 1) Jika nilai *pixel* berada diantara $0 \leq GT \leq 99$ maka akan dikonversi menjadi 0 (hitam)
- 2) Jika nilai *pixel* berada diantara $100 \leq GT \leq 199$ maka akan dikonversi menjadi 125 (abu-abu)
- 3) Jika nilai *pixel* berada diantara $200 \leq GT \leq 300$ maka akan dikonversi menjadi 255 (putih)

2.4.6. Komparasi (K)

Komparasi (K) adalah proses yang dilakukan apabila Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w'') adalah memiliki pola yang sama. Langkah-langkah dari Komparasi (K) adalah sebagai berikut.

- a. Dibandingkan semua nilai *pixel* pada setiap titik koordinat yang sama antara Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w''), kecuali koordinat *pixel* pada 16 pasang (α_i, β_i) .
- b. Jika semua nilai *pixel* pada setiap koordinat Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w'') adalah sama, maka dapat dilakukan langkah Ekstraksi (X'').

- c. Jika ada salah satu nilai *pixel* pada titik koordinat Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w'') adalah tidak sama, maka dilakukan proses Telusur *Watermark* (T).

2.4.7. Ekstraksi (X'')

Ekstraksi (X'') adalah proses pemisahan *watermark* dari Citra *Watermark* (W). Proses ini adalah proses perubahan derajat nilai *pixel* pada titik koordinat (α_i, β_i) yang ada pada Citra *Watermark* (W). Caranya dengan dengan membandingkan antara Pola Deteksi Citra Asli (X_i'') dan Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w''), kemudian membandingkan nilai *pixel*nya.

Dimisalkan:

i merupakan bilangan bulat nol dan bilangan bulat positif

P_i merupakan nilai *pixel* pada titik koordinat (α_i, β_i) dalam Pola Deteksi Citra *Watermark* (X_w'')

n merupakan jumlah angka parameter F dan angka-angkanya diberi indeks i .

Maka proses yang dilakukan adalah sebagai berikut ini:

- 1) $i = 0$;
- 2) Jika $P_i = 0$, maka $P_i = P_i + 0$. Selain itu, jika $P_i \geq 1$, maka $P_i = P_i + 1$.
- 3) Jika $P_i \geq 256$, maka P_i akan ditukar dengan $P_i = 255$
- 4) $i = i + 1$, jika $i == n$ maka $i = 0$.
- 5) Ulangi langkah 3 dan 4 hingga $2n$.

2.4.8. Telusur *Watermark* (T)

Proses ini dilakukan apabila proses Komparasi (K) tidak berhasil dilakukan, yaitu jika Pola Deteksi Citra digital asli (X_i'') dan Pola Deteksi *Watermark* (X_w'') tidak ditemukan pola yang sama. Langkah-langkah Telusur *Watermark* (T) adalah sebagai berikut ini.

- 1) Ditelusuri semua *pixel* pada Citra *Watermark* (W) yang dimulai dari sudut kiri atas citra. Kemudian titik tersebut dijadikan sebagai titik (0,0) pada Pola Deteksi *Watermark* (X_w'') kemudian dibandingkan dengan Pola Deteksi Citra digital asli (X_i''). Jika ditemukan pola yang sama, maka dilakukan proses Komparasi (K). Jika tidak ditemukan pola yang sama, maka dilakukan langkah nomor 2.
- 2) Titik *pixel* paling sudut kiri atas dari Citra *Watermark* (W) dilakukan pergerakan satu *pixel* ke kanan untuk dijadikan titik (0,0) untuk Pola Deteksi *Watermark* (X_w''). Jika ditemukan pola yang sama, maka dilakukan proses Komparasi (K). Jika tidak ditemukan pola yang sama, maka dilakukan langkah nomor 2 hingga titik *pixel* (n_h-16). Dimana n_h adalah panjang *pixel* dari titik 0 hingga n *pixel* terakhir secara horizontal (dari kiri ke kanan) dari Citra *Watermark* (W).
- 3) Jika pola yang sama belum ditemukan hingga titik *pixel* (n_h-16), maka dilakukan pergerakan satu *pixel* ke bawah, kemudian dilakukan langkah nomor 1.
- 4) Jika langkah nomor 3 sudah dilakukan hingga titik *pixel* ($n_v, (n_h-16)$) dan belum ditemukan pola yang sama, maka Citra *Watermark* (W) tersebut bukan citra yang di-*watermark* berdasarkan Citra digital asli (I). Dimana n_v adalah panjang *pixel* dari titik 0 hingga n *pixel* terakhir secara vertikal (dari atas ke bawah) dari Citra *Watermark* (W).

2.5. Perhitungan MSE dan PSNR

Jika kualitas media penampung setelah ditambahkan *watermark* tidak jauh berbeda dengan kualitas media penampung sebelum ditambahkan pesan, maka pengamat tidak mengetahui bahwa di dalam citra tersebut telah terjadi penyisipan data rahasia. Untuk mengukur kualitas citra steganografi diperlukan suatu pengujian secara obyektif. Pengujian secara objektif adalah dengan dilakukan proses menghitung nilai PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). PSNR adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR diukur dalam satuan desibel. Pada penelitian ini, PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra digital sebelum dan sesudah disisipkan *watermark*. Untuk menentukan PSNR, terlebih dahulu harus ditentukan MSE (*Mean Square Error*). MSE adalah nilai

error kuadrat rata-rata antara citra digital asli dengan citra ter-*watermark*, secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_i^m \sum_j^n \|I(i, j) - K(i, j)\|^2$$

(2)

Dimana :

MSE = Nilai *Mean Square Error* citra steganografiM = Panjang citra stego (dalam *pixel*) $I(x,y)$ = nilai *pixel* dari citra coverN = Lebar citra stego (dalam *pixel*) $I'(x,y)$ = nilai *pixel* pada citra stego

Setelah diperoleh nilai MSE maka nilai PSNR dapat dihitung dari kuadrat nilai maksimum dibagi dengan MSE. Secara matematis, nilai PSNR dirumuskan sebagai berikut :

$$PSNR = 10 \cdot \log \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

(3)

Dimana:

 MSE = nilai *MSE* MAX_I = nilai maksimum dari *pixel* citra yang digunakan

Semakin rendah Nilai *MSE* maka akan semakin baik, dan semakin besar nilai *PSNR* maka semakin baik kualitas citra steganografi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Awal Percobaan

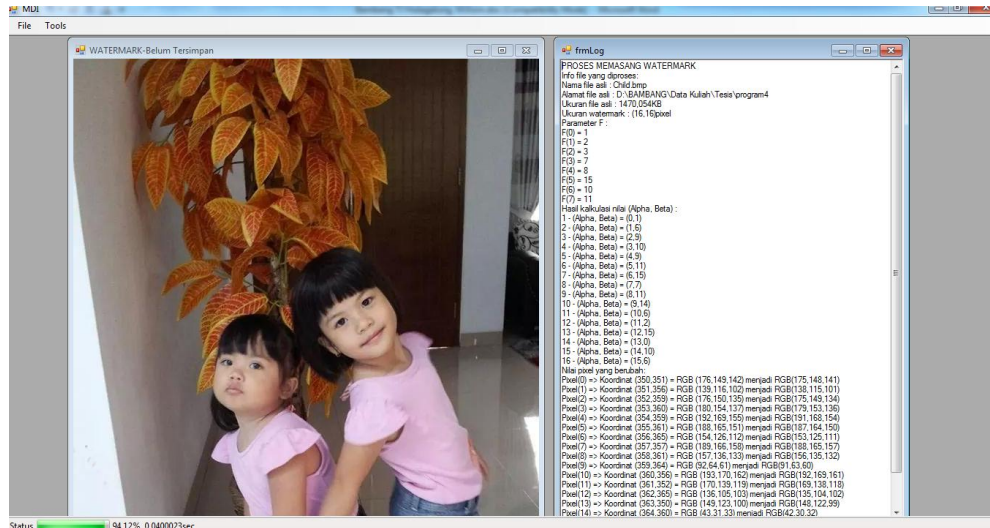
Berdasarkan metodologi yang telah diuraikan, dilakukan beberapa percobaan. Pada percobaan ini, citra digital asli (I) dengan nama Child.jpg yang akan dilakukan pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 3.1. Kemudian setelah citra digital tersebut akan disisipkan *watermark* pada posisi yang berbeda dan dengan ukuran *watermark* yang berbeda juga. Kemudian akan dilakukan pengujian algoritma, apakah mampu untuk menelusuri atau mencari keberadaan *watermark* pada citra digital ter-*watermark* tersebut.



Gambar 2 Citra digital asli (I) dengan nama Child.bmp dengan ukuran 700x700 *pixel* (1,4 Mb)

3.2. Proses Penyisipan dan Pendeteksian *Watermark*

Berikut ini akan ditampilkan proses penyisipan dan pendeteksian *watermark*. Pada gambar 3.2 ditampilkan proses pengujian dalam penyisipan dan pencarian *watermark* pada citra Child.bmp.



Gambar 3 Tampilan program dan detail proses penyisipan *watermark* pada citra Child.bmp.

Berdasarkan gambar 3.2. ditunjukkan bahwa proses penyisipan *watermark* dilakukan pada posisi tengah dari citra Child.bmp dan berhasil dilakukan dengan waktu proses yang relatif singkat yaitu selama 0,0400023 detik.

Setelah dilakukan proses penyisipan *watermark*, maka akan dilakukan pengujian dalam pendeteksian *watermark* terhadap citra yang tersebut. Pengujian pendeteksian *watermark* tersebut ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 4 Tampilan program dan detail proses pendeteksian *watermark* pada citra Child_watermark06.bmp.

Berdasarkan gambar 3.3. ditunjukkan bahwa proses pendeteksian *watermark* pada citra ter-*watermark* berhasil dilakukan dengan waktu proses yang relatif singkat yaitu sekitar 0,0630036 detik.

Dan untuk pengujian dalam penyisipan dan pendeteksian *watermark* pada citra Child.bmp dengan nilai parameter F, ukuran *watermark* dan posisi *watermark* yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Proses penyisipan dan penelusuran *watermark* pada citra digital ter-*watermark*

No	Parameter F	Ukuran <i>watermark</i>	Posisi <i>watermark</i>	Citra digital asli	Citra digital ter- <i>watermark</i>	Keterangan proses
1	1,2,3	3x3 <i>pixel</i>	Sudut kiri atas	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	Berhasil
2	1,2,3,7	4x4 <i>pixel</i>	Sudut kanan atas	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark02.bmp (1,4 Mb)	Berhasil
3	1,2,3,7,8	5x5 <i>pixel</i>	Sudut kiri bawah	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark03.bmp (1,4 Mb)	Berhasil
4	1,2,3,7,8,15	6x6 <i>pixel</i>	Sudut kanan bawah	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark04.bmp (1,4 Mb)	Berhasil
5	1,2,3,7,8,15, 10	7x7 <i>pixel</i>	Tengah	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark05.bmp (1,4 Mb)	Berhasil
6	1,2,3,7,8,15, 10,11	8x8 <i>pixel</i>	Tengah	Child.bmp (1,4 Mb)	Child_watermark06.bmp (1,4 Mb)	Berhasil

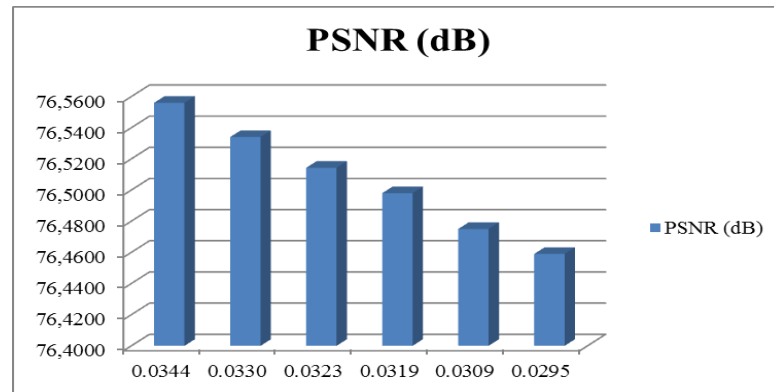
3.3 Perhitungan MSE dan PSNR

Pada perhitungan MSE dan PSNR dalam algoritma *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman ini dilakukan penyisipan *watermark* yang citra digital yang sama yaitu citra Child.jpg dengan ukuran *watermark* yang berbeda-beda, yaitu ukuran 3x3 *pixel*, 4x4 *pixel*, 5x5 *pixel*, 6x6 *pixel*, 7x7 *pixel* dan 8x8 *pixel*. Hasil dari perhitungan MSE dan PSNR ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2 Nilai MSE dan PSNR pada citra digital ter-*watermark* dengan *Information Dispersal Algorithm* (IDA) dan algoritma Huffman.

Citra digital asli	<i>watermark</i>	posisi <i>watermark</i>	Citra digital ter- <i>watermark</i>	MSE (dB)	PSNR (dB)
Child.bmp (1,4 Mb)	3x3 <i>pixel</i>	Sudut kiri atas	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0344	76.5560
Child.bmp (1,4 Mb)	4x4 <i>pixel</i>	Sudut kanan atas	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0330	76.5340
Child.bmp (1,4 Mb)	5x5 <i>pixel</i>	Sudut kiri bawah	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0323	76.5143
Child.bmp (1,4 Mb)	6x6 <i>pixel</i>	Sudut kanan bawah	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0319	76.4980
Child.bmp (1,4 Mb)	7x7 <i>pixel</i>	tengah	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0309	76.4750
Child.bmp (1,4 Mb)	8x8 <i>pixel</i>	tengah	Child_watermark01.bmp (1,4 Mb)	0.0295	76.4590

Dari tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa nilai MSE rata-rata adalah 0,03dB dan nilai rata-rata PSNR adalah 76 dB, hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan kualitas dari citra digital ter-*watermark* yang dihasilkan adalah cukup baik. Penyisipan sebuah ukuran *watermark* pada citra yang sama akan menghasilkan nilai MSE dan PSNR yang berbeda pula. Semakin besar ukuran *watermark* yang disisipkan pada citra digital asli maka nilai MSE akan semakin besar dan nilai PSNR semakin kecil. Perbandingan antara MSE dan PSNR tersebut ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Grafik Perbandingan antara PSNR dan MSE dari citra digital sebelum dan sesudah ter-*watermark*.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendeteksian *watermark* dapat dilakukan pada citra digital ter-*watermark* yang telah mengalami modifikasi ukuran, sehingga dapat menunjukkan keaslian dari citra digital tersebut.
2. Semakin banyak jumlah angka parameter pembangkit *watermarking* yang digunakan, maka akan semakin lama proses pendeteksian *watermark* pada citra digital ter-*watermark* yang telah mengalami modifikasi ukuran.
3. *Watermark* dapat ditanamkan, dideteksi dan diekstraksi dari sudut kiri atas, sudut kiri bawah, sudut kanan atas, sudut kanan atas dan tengah dari citra digital ter-*watermark*, selama bagian citra digital yang ter-*watermark* tidak dihilangkan.

5. SARAN

Saran penulis terhadap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian berikutnya, karakter hasil *encoding* dari parameter F dapat dikembangkan dengan menambahkan jumlah dan jenis karakter yang di-*encode* agar lebih sulit dipecahkan oleh orang lain.
2. Algoritma dapat dikembangkan untuk mendeteksi citra digital *watermark* yang mengalami modifikasi ukuran yang masih mengandung sebagian *watermark* yang tertanam di dalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baxes, G.A., 1994, *Digital Image Processing, Principles and Applications*, John Wiley and Sons Inc: Canada.
- [2] Bhaskari, D.L., Avadhani, P.S., & Viswanath, M., 2010, *A Layered Approach for Watermarking In Image Based On Huffman Coding*, International Journal on Computer Science and Engineering, vol 02, hal 149-154.
- [3] Faradisa, I.S. & Budiono, B.F., 2011, *Implementasi Metode HUFFMAN Sebagai Teknik Kompresi Citra*, ELTEK, vol 2, hal 176-182.
- [4] Feng, J.B., Lin, I.C., Tsai, C.S., & Chu, Y.P., 2006, *Reversible Watermarking: Current Status and Key Issues*, International Journal of Network Security, vol 2, hal 161-171.
- [5] Harjito, B., 1998, *Watermarking of images reconstructed using Information dispersal Algorithm*, Tesis, James Cook University of North Queensland, North Queensland.

- [6] Hsu, C.S. & Tu, S.F., 2008, *An Imperceptible Watermarking Scheme Using Variation and Modular Operations*, International Journal of Hybrid Information Technology, vol 1, hal 9-16.
- [7] Jafilun, 2006, *Digital Watermarking pada Domain Spasial Menggunakan Teknik "Least Significant Bit"*, Seminar Nasional Sistem dan Informatika, vol 06, hal 47-53.
- [8] Khan, Y.I., Sony, S.M., Rahman, S.M., Baishnab, D., & Rashid, M.F., 2012, *Cryptography Using an Image*, International Journal of Scientific & Technology Research, vol 1, hal 95-104.
- [9] Li, Mingqiang., 2013, *On the Confidentiality of Information Dispersal Algorithms and Their Erasure Codes*, arXiv, vol 2, hal 1-4.
- [10] Lin, S.J. and Chung, W.H., 2012, *An Efficient (n, k) Information Dispersal Algorithm for High Code Rate System over Fermat Fields*, IEEE Communications Letters, vol 12, hal 2036-2039.
- [11] Mohammed, A.A., and Sidqi, H.M., 2011, *Robust Image Watermarking Scheme Based on Wavelet Technique*, International Journal of Computer Science and Security (IJCSS), vol 5, hal 394-404.
- [12] Murty, M.S., Veeraiah, D., and Rao, A.S., 2011, *Digital Signature and Watermark Methods For Image Authentication using Cryptography Analysis*, Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ), vol 2, hal 170-179.
- [13] Pandya, M., Joshi, H., and Jani, A., 2013, *A Novel Digital Watermarking Algorithm using Random Matrix Image*, International Journal of Computer Applications, vol 61, hal 18-21.
- [14] Patil, M. and Chitode, J.S., 2013, *Improved Technique for Audio Watermarking Based on Discrete Wavelet Transform*, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), vol 2, hal 511-516.
- [15] Putra, D., 2009, *Pengolahan Citra Digital*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- [16] Sugiharto, A., dan Sarwoko, E.A., 2004, *Watermarking Pada Beberapa Keluarga Wavelet*, Jurnal Matematika dan Komputer, vol 7, hal 8-21.
- [17] Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O. K. and Wijanarto, 2009, *Teori Pengolahan Citra Digital*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- [18] Winarso, S., 2007, *Digital Watermarking Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform*, Jurnal Teknologi Informasi-Aiti, vol 4, hal 72-85.