

IMPLEMENTASI ALGORITMA DISCRETE WAVELET TRANSFORM UNTUK MENAMBAHKAN INVISIBLE WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL

Akbar Syahdilan, Mahardika Abdi Prawira

Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapt. Mukhtar Basri No.3 Medan, Indonesia
akbarsyahdilan25@gmail.com

ABSTRAK

DWT digunakan untuk menyisipkan watermark pada domain transformasi, yang memungkinkan watermark tersembunyi dalam citra dengan minim dampak pada kualitas visualnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas DWT dalam meningkatkan ketahanan watermark terhadap serangan pemrosesan dan kompresi. Hasil menunjukkan bahwa metode ini dapat menambah keandalan watermark serta mempertahankan kualitas citra yang baik, memberikan kontribusi signifikan dalam pengamanan data digital. Citra digital sering kali memerlukan perlindungan untuk mencegah pemalsuan dan pelanggaran hak cipta. Salah satu metode yang digunakan untuk melindungi hak cipta citra digital adalah invisible watermarking, di mana watermark disisipkan dalam citra secara tidak terlihat oleh mata manusia.

Kata kunci: Discrete Wavelet Transform, Citra Digital, Invisible Watermarking, Hak Cipta

1. PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, keamanan dan perlindungan terhadap konten digital menjadi sangat penting. Penyebaran informasi melalui media digital seperti gambar, video, dan dokumen semakin luas dan cepat. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi, potensi penyalahgunaan dan pelanggaran hak cipta terhadap konten digital juga meningkat. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang efektif untuk melindungi dan menjaga keaslian konten digital.

Citra sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra karya dengan informasi[1].

Penggunaan citra digital selain mudah dalam hal penyebaran, juga disebabkan akan kemudahan dan murah biaya penggandaan (peng-copyan) serta penyimpanannya untuk digunakan di kemudian hari. Dampak kemudahan inilah yang disalahgunakan tanpa memperhatikan aspek hak cipta (*Intellectual Property Right*), sehingga perlu dipikirkan adanya perlindungan terhadap hak cipta. Permasalahan diatas, membawa perubahan cara pandang peneliti terhadap metode yang digunakan untuk melindungi hak cipta pada media digital. Banyak cara yang sudah dilakukan untuk memberikan perlindungan citra digital seperti *kriptografi*, *copy-protection*, *visible marking*, *header marking* dan lainnya. Tetapi cara tersebut memiliki kelemahan masing-masing dalam melindungi hak cipta sebuah citra digital[2].

Pada saat ini telah banyak teknik dilakukan untuk menjaga hak cipta dari citra digital salah satunya adalah *Steganografi*. *Steganografi* adalah seni untuk menyisipkan pesan rahasia kedalam suatu media, dimana pesan rahasia yang akan disembunyikan tidak diubah bentuknya, melainkan disisipkan pada sebuah citra digital, sehingga orang lain tidak mengetahui bahwa di dalam citra digital tersebut ada pesan rahasia.

Salah satu cabang dari ilmu Steganografi adalah digital watermarking. Digital watermarking merupakan salah satu solusi untuk melindungi hak cipta yang merupakan suatu teknik penyisipan (*embedding*) informasi ke dalam media data digital seperti citra, teks, audio dan video secara rahasia[3].

Informasi yang akan disisipkan harus dapat diperoleh kembali meskipun citra digital telah didistribusikan. Informasi yang akan disisipkan ke dalam citra digital dinamakan tanda air digital (*digital watermark*), sedangkan citra digital yang disisipi dinamakan citra orisinal (*host*). Citra digital yang telah disisipi watermark dinamakan citra bertanda air (*watermarked citra*).

Pada penelitian ini untuk melindungi kepemilikan sebuah citra digital akan digunakan metode DWT (*Discrete Wavelet Transform*) untuk pengamanan citra digital sebagai pencegahan terjadinya pelanggaran hak cipta. Algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah salah satu metode yang banyak digunakan dalam proses watermarking pada citra digital. DWT merupakan alat yang kuat untuk analisis sinyal dan kompresi data, yang memungkinkan pemisahan citra menjadi beberapa sub-band frekuensi yang berbeda. Dengan menggunakan DWT, watermark dapat disisipkan ke dalam sub-band frekuensi tertentu sehingga lebih tahan terhadap berbagai serangan dan manipulasi. DWT merupakan dekomposisi citra pada frekuensi subband citra tersebut. Komponen subband transformasi wavelet dihasilkan dengan cara penurutan level dekomposisi[4].

Dalam penelitian ini, watermark yang digunakan berupa pesan atau teks yang dapat terdiri dari huruf, angka, dan simbol. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam menyisipkan berbagai jenis informasi yang diperlukan untuk identifikasi dan autentikasi citra digital. Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan

mengimplementasikan algoritma DWT untuk menambahkan invisible watermarking pada citra digital berupa pesan/teks. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang keamanan dan perlindungan hak cipta konten digital, serta memberikan solusi yang efektif dan efisien untuk menjaga keaslian dan otentisitas citra digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Citra

Citra merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (a picture is more than a thousand words). Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak dari pada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual). Secara umum, citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan[5].

Secara kasat mata manusia bisa membedakan objek yang terdapat pada sebuah citra digital. Namun, komputer tidak memiliki kemampuan sebagai mata manusia yang dapat secara langsung mendeteksi objek pada gambar. Karena komputer hanya mengenali angka biner yaitu 0 dan 1[6].

Berikut adalah elemen-elemen yang terdapat pada citra digital:

- Kecerahan (brightness): Kecerahan merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan piksel dari citra yang dapat ditangkap oleh sistem penglihatan.
- Kontras (contrast): Kontras menyatakan sebaran terang dan gelap dalam sebuah citra. Pada citra yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata.
- Kontur (contour): Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah mata mampu mendeteksi tepi-tepi objek di dalam citra.
- Warna: Warna sebagai persepsi yang ditangkap sistem visual terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek.
- Bentuk (shape): Bentuk adalah properti intrinsik dari objek 3 dimensi, dengan pengertian bahwa bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia.
- Tekstur (texture): Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga[4].

2.2. Jenis-Jenis Citra

Berikut adalah jenis-jenis citra berdasarkan nilai pikselnya:

a. Citra Warna (RGB)

RGB adalah aturan skema warna yang terdiri dari 3 warna yaitu merah (red), hijau (green), biru (blue) yang olah menggunakan berbagai teknik untuk mendapatkan berbagai macam warna. Mengolah citra RGB menjadi citra keabuan merupakan salah satu sampel dari pengolahan citra dengan operasi titik. Dalam pemrosesan RGB menjadi keabuan dengan cara menghitung rerata intensitas RGB setiap pixel penyusun citra. Pada pemrosesan citra biasanya dapat dibagi menjadi 3, warna citra, citra hitam-putih, & citra biner. Pada citra warna ini setiap pixel mempunyai warna yang berbeda, seperti biru (blue), merah (red) dan hijau (green) dan Jika setiap warna mempunyai rentang 0-255, maka jumlahnya $255^3 = 16.581.375$ (16 ribu) variasi warna berbeda pada gambar. Gambar tersebut bisa dikatakan sebagai gambar bit warna. Citra warna ini terdiri dari 3 matrix yang mewakili nilai dari red, green & blue dalam setiap pixel. Citra berwarna 24bit mempunyai elemen yaitu RGB (red, Green, Blue). Ini adalah model citra warna yang di tampilkan pada monitor. Pada tri-stimulus vision teory mengatakan manusia melihat warna berdasarkan perbandingan cahaya yang datang kemudian di tangkap oleh sensor peka cahaya pada retina (yang memiliki bentuk kerucut). Sensor itu merupakan sensor yang paling peka terhadap cahaya dengan panjang gelombang 630 nm (Merah), 530 nm (Hijau) serta 450 nm (Biru)[7].

b. Citra Grayscale (Keabuan)

Dalam pemrosesan gambar terdapat proses mentransformasikan citra (RGB) menjadi citra keabuan. Proses tersebut dilaksanakan untuk memudahkan pembacaan citra (RGB) yang berisi tiga kanal warna yaitu Red, Green dan Blue di ubah menjadi citra warna keabu-abuan. Pada masing-masing perhitungan dilakukan dengan 3 kanal warna tersebut. Artinya dilaksanakan proses prosedur menghitung dengan kaidah serupa di ke-3 kanal warna tersebut. Citra keabuan merepresentasikan warna lebih banyak dibanding citra biner, karena berada diantara nilai minimal dan nilai maksimalnya. Banyaknya kemungkinan nilai dan nilai maksimumnya bergantung pada jumlah bit yang digunakan. Pada citra keabuan mempunyai format citra yang disebut skala keabuan. Pada umumnya warna yang digunakan adalah hitam sebagai warna minimal dan putih sebagai maksimalnya, sehingga warna diantara keduanya adalah abu-abu[7].

2.3. Resolusi Citra

Resolusi citra merupakan tingkat detailnya suatu citra. Semakin tinggi resolusinya semakin tinggi pula tingkat detail dari citra tersebut. Ada dua jenis resolusi yang perlu diketahui, yaitu:

- a. Resolusi Spasial, Resolusi spasial ini merupakan ukuran halus atau kasarnya pembagian kisi-kisi baris dan kolom pada saat sampling. Resolusi ini dipakai untuk menentukan jumlah pixel per satuan panjang. Biasanya satuan resolusi ini adalah dpi (dot per inchi). Resolusi ini sangat berpengaruh pada detail dan perhitungan gambar.
- b. Resolusi kecemerlangan (intensitas/brightness) atau biasanya disebut dengan kedalaman bit/kedalaman warna (Bit Depth) adalah ukuran halus kasarnya pembagian tingkat gradasi warna saat dilakukan kuantisasi. Bit Depth menentukan berapa banyak informasi warna yang tersedia untuk ditampilkan dalam setiap piksel. Semakin besar nilainya, semakin bagus kualitas gambar yang dihasilkan dan tentu ukuran juga semakin besar. Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar (RGB= Red Green Blue).

Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 byte, yang mempunyai gradasi sebanyak 255 warna berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna. Penyimpanan citra true color didalam memori berbeda dengan citra grayscale. Setiap piksel dari citra grayscale 256 gradasi warna diwakili oleh 1 byte. Sedangkan 1 piksel citra true color diwakili oleh 3byte yang masing-masing byte merepresentasikan warna merah (Red), hijau (Green), biru (Blue)[8].

2.4. Citra Digital

Citra digital adalah representasi visual dari objek atau scene yang disimpan dalam format digital, yang terdiri dari kumpulan piksel (elemen gambar terkecil) yang diberi nilai-nilai numerik berdasarkan tingkat kecerahan (intensitas) dan warna. Citra digital dibentuk oleh kamera digital atau scanner yang mengonversi objek visual menjadi data digital yang dapat diproses oleh komputer[9].

Setiap piksel dalam citra digital memiliki nilai intensitas yang mewakili tingkat kecerahan pada lokasi tertentu dalam gambar, dan dalam citra berwarna, setiap piksel juga memiliki nilai-nilai untuk mewakili komponen warna seperti merah, hijau, dan biru (dalam format RGB) atau luminans, chrominance biru, dan chrominance merah (dalam format YCbCr)[10].

Citra digital digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan wajah, deteksi objek, restorasi gambar, pengolahan medis, grafika komputer, dan banyak lagi. Teknik pengolahan citra digital digunakan untuk memanipulasi citra ini dengan tujuan tertentu, seperti meningkatkan kualitas gambar, mengekstrak fitur tertentu, atau mengambil keputusan berdasarkan informasi visual yang terdapat dalam gambar. Citra digital adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar melalui proses sampling. Gambar analog dibagi menjadi N baris dan M kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Citra digital merupakan citra yang dapat diolah komputer. Yang disimpan dalam komputer hanyalah angka-angka yang menunjukkan

besar intensitas pada masing-masing piksel. Karena berbentuk data numerik, maka citra digital dapat diolah dengan komputer[11].

2.5. Watermarking

Watermarking merupakan suatu teknik menyembunyikan data/informasi rahasia kedalam citra digital baik berupa logo, teks ataupun citra lain yang menginformasikan sang pemilik citra digital tanpa merusak citra digital asli sehingga tetap terlihat seperti citra digital aslinya. Teknik menyembunyikan data/informasi ini bersifat rahasia. Orang lain tidak akan menyadari bahwa didalam citra digital tersebut tertanam suatu data/informasi dari pemilik citra digital[12].

Digital Watermarking adalah proses penyisipan informasi ke media digital yang tak terlihat oleh mata manusia tetapi dapat terdeteksi oleh komputer. Cover medium dan watermark dapat berupa teks, image digital, audio, dan video. Sedangkan watermarking pada image digital disebut Digital Watermarking Image. Digital Watermarking Image bekerja pada dua domain pengolahan image digital, yaitu domain spasial dan domain frekuensi. Transformasi domain spasial bekerja dengan mengubah nilai piksel pada image digital sedangkan transformasi domain frekuensi menyisipkan watermark pada koefisien frekuensi hasil transformasi image asli. Teknik ini lebih rumit dari teknik yang berkerja pada domain spasial, tetapi memiliki ketahanan yang lebih baik.

Watermarking terdiri dari dua proses yaitu proses embedding dan proses Ekstraction Embedding. Pada proses embedding disini dilakukan suatu proses penyisipan informasi dari sang pemilik citra. Kemudian pada proses ekstraction embedding dilakukan suatu proses pengambilan informasi yang ada didalam citra digital yang telah ter-watermark[12].

2.6. Steganografi

Steganografi adalah ilmu dan seni menyembunyikan pesan rahasia di dalam pesan lain sehingga keberadaan pesan rahasia tersebut tidak dapat diketahui. Pengertian lain dari steganografi adalah ilmu, teknik atau seni menyembunyikan pesan rahasia (hidding message) atau tulisan rahasia (covered writing), menjadikan pesan tersebut tidak terbaca orang lain kecuali pengirim dan penerima pesan tersebut. Steganografi awalnya dari bahasa Yunani yakni “steganos” yang artinya tersembunyi atau menyembunyikan dan “graphy” yang artinya tulisan yang secara lengkap memiliki arti tulisan yang disembunyikan. Dalam buku Histories of Herodatus Steganografi dengan media kepala budak yaitu dengan cara kepala budak dibotaki kemudian ditulisi pesan dan rambut budak tersebut dibiarkan tumbuh selanjutnya budak baru dikirim. Ditempat penerima kepala budak pembawa pesan tersebut digundul supaya pesan dapat terbaca. Pemakaian tinta tak-tampak (invisible ink), tinta dibuat dari campuran sari

buah, susu dan cuka. Tulisan diatas kertas bisa dibaca dengan memanaskan kertas tersebut[13].

Cara kerja atau prinsip dari steganografi adalah dengan menggunakan dua unsur untuk menyisipkan suatu pesan atau data yang ingin disembunyikan. Unsur pertama adalah media penampung seperti citra, suara, video, dan lain sebagainya yang tidak membuat curiga bahwa ada pesan rahasia dalam media tersebut. Unsur kedua adalah pesan yang hendak disembunyikan[13].

2.7. Discrete Wavelet Transform

Secara umum transformasi wavelet diskrit merupakan dekomposisi citra pada frekuensi subband citra tersebut. Komponen subband transformasi wavelet dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Implementasi transformasi wavelet diskrit dapat dilakukan dengan melewati sinyal melalui sebuah lowpass filter dan highpass filter dan melakukan downsampling pada keluaran masing-masing filter. Highpass filter digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan lowpass filter digunakan untuk menganalisis frekuensi rendah. Proses dekomposisi dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi Wavelet Tiga Tingkat U Dengan menggunakan koefisien Transformasi Wavelet Diskrit ini maka dapat dilakukan proses Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT) untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal[4].

2.8. Bahasa C# (C Sharp)

Bahasa C# adalah gabungan yang kuat antara bahasa C++ dan Java, tidak heran jika bahasa C# memiliki kemiripan diantara C++ dan Java. Seperti yang dijelaskan oleh Miles (2016) tentang kemiripan bahasa pemrograman C Sharp “C# bears a strong resemblance to the C++ and Java programming languages, having borrowed (or improved) features provided by these languages.” Jika diterjemahkan dan disimpulkan berdasarkan pendapat Miles, bahasa C Sharp adalah bahasa gabungan yang kuat antara C++ dan Java. Sintaks yang digunakan adalah sintaks dari

Java, serta sifat dari bahasa C# adalah bersifat Case Sensitive, besar kecil huruf berpengaruh[14].

Bahasa C# tidak didistribusikan sebagai produk mandiri, C# bagian dari Microsoft .NET Framework platform (diucapkan "Microsoft Dot Net Framework") .NET Framework umumnya terdiri dari lingkungan untuk pengembangan dan pelaksanaan program, ditulis dalam bahasa C# atau yang lainnya Bahasa, kompatibel dengan .NET (seperti VB.NET, Managed C++, J# atau F#).

2.9. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio adalah sebuah Integrated Development Environment buatan Microsoft Corporation. Microsoft Visual Studio dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi dalam native code (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas Windows) ataupun managed code (dalam bentuk Microsoft Intermediate Language di atas .NET Framework). Selain itu, Visual Studio juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi Silverlight, aplikasi Windows Mobile (yang berjalan di atas .NET Compact Framework). Visual Basic mencakup sebuah kode editor yang didukung oleh fitur intellisense atau yang disebut dengan code refactoring. Debugger telah terintegrasi bekerja pada level source level debugger dan level debugger mesin. Toll built in mencakup form desainer untuk membangun sebuah aplikasi GUI, web desainer, class desainer dan database schema desainer. Microsoft Visual Studio didukung bahasa pemrograman yang berbeda. Adapun bahasa pemrograman yang didukung oleh Visual Basic Studio adalah bahasa pemrograman C++, Visual Basic, Visual C#. Visual Studio juga dapat mendukung bahasa pemrograman lain seperti M, python dan ruby yang semuanya itu terdapat pada pack extra yang terpisah dari visual studio[15].

2.10. Literatur Review

Pelaksanaan ini dilakukan berdasarkan beberapapenelitian terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Literatur review

No	Nama Peneliti	Judul
1	Asroni, Ricardo Serumena, 2021	Pengamanan Hak Cipta Citra Digital dengan Teknik Watermarking Menggunakan Metode Hybrid SVD dengan DWT[16].
2	Ardiyanto, 2020	Implementasi Metode Dwt (Discrete Wavelet Transform) Dan Metode Huffman Terhadap Kompresi Citra Digital Menggunakan Google Collaboratory[17].
3	Rianti, 2022	Perbandingan Metode Steganografi DCT Dan DWT Pada Berkas Video Mp4[18].
4	Endrawan et al, 2023	Penerapan Discrete Wavelet Transform (DWT) Pada Kompresi File Matroska Video (MKV)[19].
5	Darwis, Pasaribu, 2020	Komparasi Metode Dwt Dan Svd Untuk Mengukur Kualitas Citra Steganografi[20].
6	Rizal et al., 2023	Sistem Pengenalan Ngham Adzan Melalui Suara Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan Mellin Transform[21].
7	Rahman et al., 2020	Optimasi File Audio Dengan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Untuk Kompresi Dan Butterworth Filter Untuk Mengurangi Noise Menggunakan Matlab[22].
8	Ghifary et al., 2021	Compressive Sensing Pada Image Watermarking Berbasis Dwt-svd Dengan Rekonstruksi Basis Pursuit Denoising[23].
9	Maulida, 2020	Studi Komparasi Video Watermarking dengan Algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform[24].

No	Nama Peneliti	Judul
10	Sulistiyawan et al., 2023	Pengaruh Serangan LPF pada Audio Watermarking dengan Metode DWT-Histogram Terhadap Performa BER[25]

3. METODE PENELITIAN

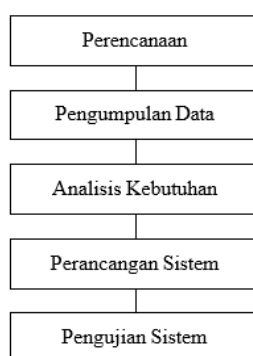
3.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, jenis penelitian kuantitatif digunakan untuk mengukur secara sistematis efektivitas dan keandalan Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform Untuk Menambahkan Invisible Watermarking Pada Citra Digital. Melalui pendekatan eksperimen yang terkontrol, variasi parameter-parameter Discrete Wavelet Transform (DWT) dievaluasi untuk mengidentifikasi tingkat efektivitas algoritma tersebut dalam menerapkan invisible watermark pada citra digital. Analisis statistik digunakan untuk mengevaluasi hasil penambahan invisible watermark yang telah diterapkan pada suatu citra digital, serta untuk menguji hipotesis terkait dengan keakuratan dan keandalan teknik ini dalam penambahan invisible watermark pada citra digital.

Dengan demikian, penelitian kuantitatif ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang potensi dan batasan implementasi Discrete Wavelet Transform (DWT) dalam konteks penambahan invisible watermark pada citra digital.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini secara umum merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu aplikasi berbasis desktop yang digunakan untuk penambahan invisible watermark pada sebuah citra digital yang bertujuan untuk melindungi hak cipta kepemilikan dari citra tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pelaksanaan penelitian dan membangun sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka kerja penelitian

Berdasarkan gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian akan diuraikan sebagai berikut:

a. Perencanaan

Pada tahap perencanaan mulai dilakukan identifikasi dari masalah yang ditemukan. Selanjutnya dilakukan perencanaan proses-proses

yang akan terjadi dalam aplikasi. Sistem yang akan dibangun pada penelitian ini digunakan untuk melakukan penerapan algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) dalam proses penambahan invisible watermark pada citra digital untuk selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil penambahan invisible watermark yang akan dilakukan pada tahap pengujian.

b. Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan informasi, data-data penunjang serta teori dalam penyusunan proposal skripsi ini, maka diperlukan teknik pengumpulan data. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu Penelitian Kepustakaan, Studi Literatur, dan Observasi.

c. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan adalah dimana beberapa kebutuhan bahan dalam membangun sistem yang akan dipergunakan untuk menambah dan membantu jalan proses pembuatan suatu obyek. Analisa kebutuhan meliputi analisis kebutuhan fungsional dan nonfungsional. Kebutuhan fungsional mendeskripsikan fungsi-fungsi yang harus dilakukan oleh sebuah sistem untuk mencapai tujuan. Sedangkan kebutuhan nonfungsional mendeskripsikan fitur lain seperti karakteristik, batasan sistem, performa, dokumentasi dan yang lainnya agar sistem berjalan sukses.

d. Perancangan Sistem

Perancangan aplikasi merupakan bagian yang penting dalam membuat suatu sistem ataupun aplikasi, perancangan aplikasi ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum tentang aplikasi yang akan dibuat. Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi umum aplikasi yang akan dibangun pada penelitian ini.

e. Pengujian Sistem

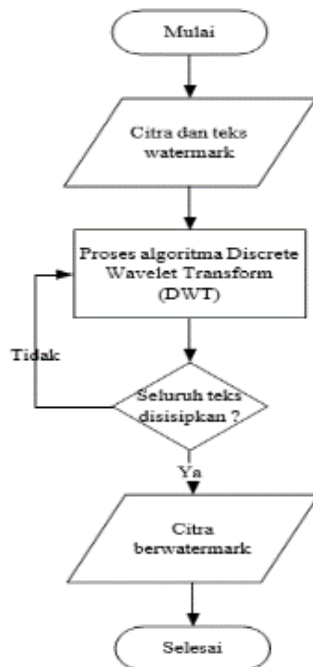
Di tahap ini dilakukan penggabungan modul-modul yang sudah dibuat dan dilakukan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat telah sesuai dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya dan masih terdapat kesalahan atau tidak. Pengujian yang dilakukan berupa mencoba menguji aplikasi yang dihasilkan dengan melakukan proses pengujian kemiripan sebuah gambar menggunakan aplikasi yang telah dibangun.

3.3. Flowchart

Adapun flowchart yang menggambarkan fungsi yang akan diterapkan di dalam aplikasi dalam proses penambahan invisible watermark dan proses menampilkan invisible watermark dapat dilihat sebagai berikut

3.4. Flowchart Penambahan Invisible Watermark

Flowchart yang menampilkan proses penambahan invisible watermark ke dalam sebuah citra digital melalui aplikasi yang akan dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Flowchart penambahan invisible watermark

Tahapan dalam proses pemberian watermark pada citra adalah:

- Pilih citra yang akan disematkan invisible watermark dan input teks yang akan digunakan sebagai watermark.
- Mulai proses penyematan teks watermark ke dalam citra yang telah dipilih menggunakan algoritma DWT.
- Ulangi proses penyematan teks watermark ke dalam citra menggunakan algoritma DWT hingga seluruh teks telah disematkan ke dalam citra.
- Setelah proses selesai aplikasi akan menghasilkan sebuah citra yang memiliki invisible watermark di dalamnya.

3.5. Flowchart Menampilkan Invisible Watermark

Flowchart yang menampilkan proses penambahan invisible watermark ke dalam sebuah citra digital melalui aplikasi yang akan dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut:

Tahapan dalam proses pemberian watermark pada citra adalah:

- Pilih citra yang memiliki invisible watermark di dalamnya.
- Mulai proses ekstraksi invisible watermark yang terdapat pada citra menggunakan algoritma DWT.

- Ulangi proses ekstraksi teks hingga seluruh teks watermark telah di ekstraksi.
- Setelah proses ekstraksi selesai, aplikasi akan menampilkan teks watermark yang terdapat di dalam citra.



Gambar 3. Flowchart menampilkan invisible watermark

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan hasil penelitian berupa aplikasi implementasi algoritma Discrete Wavelet Transform untuk menambahkan invisible watermarking pada citra digital. Hasil implementasi tersebut akan ditampilkan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat, sehingga memudahkan dalam mengevaluasi keberhasilan metode yang diterapkan. Proses penyisipan watermark dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa watermark tersebut tidak terlihat oleh mata manusia (invisible watermark), namun tetap dapat dideteksi dan diekstraksi menggunakan algoritma yang tepat. Hasil akhir dari implementasi ini adalah citra digital yang memiliki watermark tak kasat mata, yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti perlindungan hak cipta dan keaslian dokumen digital. Dengan menggunakan metode DWT, diharapkan watermark dapat bertahan terhadap berbagai bentuk serangan atau manipulasi citra, sehingga meningkatkan keamanan dan kehandalan sistem watermarking ini.

4.1. Analisis Algoritma Discrete Wavelet Transform

Pada bagian ini, akan dilakukan analisis Algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) yang digunakan dalam proses penyisipan watermark tak

kasat mata pada citra digital. DWT merupakan salah satu metode yang efektif dalam pemrosesan citra karena kemampuannya untuk menganalisis sinyal pada berbagai skala dan resolusi. Berikut adalah langkah-langkah dari algoritma DWT dalam proses penambahan watermark pada sebuah citra digital:

- a. Siapkan gambar berukuran 8x8 dengan nilai piksel antara 1 hingga 255.

75	122	200	150	80	200	255	100
180	240	30	60	90	120	200	50
100	60	240	190	100	40	20	80
50	90	220	250	180	30	70	160
160	200	70	100	150	20	110	140
180	30	140	70	90	110	220	190
110	210	230	180	50	60	170	240
200	140	90	100	110	70	120	130

Gambar 4. Matriks piksel citra ukuran 8x8

- b. Terapkan DWT Pada Gambar Tersebut
DWT pada gambar 4 akan menghasilkan empat set koefisien yaitu approximasi LL(LH), detail LH (LL), detail HL (HL), detail HH (HH).

DWT pada baris pertama:

75	122	200	150	80	200	255	100
----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

Bagian Genap : 75 200 80 255

Bagian Ganjil : 122 150

Koefisien approximasi (LH) dari baris pertama:

$$(75 + 200)/\sqrt{2} = 176.78$$

$$(80 + 255)/\sqrt{2} = 261.56$$

Koefisien detail (LL) dari baris pertama:

$$(122 - 150)/\sqrt{2} = -20.91$$

DWT pada kolom pertama:

75	180	100	50	160	180	110	200
----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----

Bagian genap : 75 100 160 110

Bagian ganjil : 180 50 180 200

Koefisien approximasi (LH) dari kolom pertama:

$$(75 + 100)/\sqrt{2} = 122.48$$

$$(160 + 110)/\sqrt{2} = 203.65$$

Koefisien detail (LL) dari kolom pertama:

$$(180 - 50)/\sqrt{2} = 91.92$$

$$(180 - 200)/\sqrt{2} = -14.14$$

DWT pada baris kedua:

180	240	30	60	90	120	200	50
-----	-----	----	----	----	-----	-----	----

Bagian genap : 180 30 90 200

Bagian ganjil : 240 60 120 50

Koefisien approximasi (LH) dari baris kedua:

$$(180 + 30)/\sqrt{2} = 127.28$$

$$(90 + 200)/\sqrt{2} = 216.03$$

Koefisien detail (LL) dari baris kedua:

$$(240 - 60)/\sqrt{2} = 135.36$$

$$(120 - 50)/\sqrt{2} = 49.50$$

DWT pada kolom kedua:

122	240	60	90	200	30	210	140
-----	-----	----	----	-----	----	-----	-----

Bagian genap : 122 60 200 210

Bagian ganjil : 240 90 30 140

Koefisien approximasi (LH) dari kolom kedua:

$$(122 + 60)/\sqrt{2} = 135.36$$

$$(200 + 210)/\sqrt{2} = 296.96$$

Koefisien detail (LL) dari kolom kedua:

$$(240 - 90)/\sqrt{2} = 106.07$$

$$(30 - 140)/\sqrt{2} = -78.69$$

DWT pada baris ketiga:

100	60	240	190	100	40	20	80
-----	----	-----	-----	-----	----	----	----

Bagian genap : 100 240 100 20

Bagian ganjil : 60 190 40 80

Koefisien approximasi (LH) dari baris ketiga:

$$(100 + 240)/\sqrt{2} = 212.13$$

$$(100 + 20)/\sqrt{2} = 77.78$$

Koefisien detail (LL) dari baris ketiga:

$$(60 - 190)/\sqrt{2} = -99.50$$

$$(40 - 80)/\sqrt{2} = -35.36$$

DWT pada kolom ketiga:

200	30	240	220	70	140	230	90
-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----

Bagian genap : 200 240 70 230

Bagian ganjil : 30 220 140 90

Koefisien approximasi (LH) dari kolom ketiga:

$$(200 + 240)/\sqrt{2} = 339.41$$

$$(70 + 230)/\sqrt{2} = 298.78$$

Koefisien detail (LL) dari kolom ketiga:

$$(30 - 220)/\sqrt{2} = -132.39$$

$$(140 - 90)/\sqrt{2} = 35.36$$

DWT pada baris keempat:

50	90	220	250	180	30	70	160
----	----	-----	-----	-----	----	----	-----

Bagian genap : 50 220 180 70

Bagian ganjil : 90 250 30 160

Koefisien approximasi (LH) dari baris keempat:

$$(50 + 220)/\sqrt{2} = 212.13$$

$$(180 + 70)/\sqrt{2} = 183.85$$

Koefisien detail (LL) dari baris keempat:

$$(90 - 250)/\sqrt{2} = -106.07$$

$$(30 - 160)/\sqrt{2} = -106.07$$

DWT pada kolom keempat:

150	60	250	100	150	70	180	100
-----	----	-----	-----	-----	----	-----	-----

Bagian genap : 150 250 150 180

Bagian ganjil : 60 100 70 100

Koefisien approximasi (LH) dari kolom keempat:

$$(150 + 250)/\sqrt{2} = 296.96$$

$$(150 + 180)/\sqrt{2} = 296.96$$

Koefisien detail (LL) dari kolom keempat:

$$(60 - 100)/\sqrt{2} = -35.36$$

$$(70 - 100)/\sqrt{2} = -21.21$$

DWT pada baris kelima:

160	200	70	100	150	20	110	140
-----	-----	----	-----	-----	----	-----	-----

Bagian genap : 160 70 150 110

Bagian ganjil : 200 100 20 140

Koefisien approximasi (LH) dari baris kelima:

$$(160 + 70)/\sqrt{2} = 158.11$$

$$(150 + 110)/\sqrt{2} = 193.85$$

Koefisien detail (LL) dari baris kelima:

$$(200 - 100)/\sqrt{2} = 70.71$$

$$(20 - 140)/\sqrt{2} = -92.22$$

DWT pada kolom kelima:

80	90	20	150	110	90	50	110
----	----	----	-----	-----	----	----	-----

Bagian genap : 80 20 110 50

Bagian ganjil : 90 150 110 110

Koefisien approximasi (LH) dari kolom kelima:

$$(80 + 20)/\sqrt{2} = 77.78$$

$$(110 + 50)/\sqrt{2} = 116.60$$

Koefisien detail (LL) dari kolom kelima:

$$(90 - 150)/\sqrt{2} = -35.36$$

$$(110 - 110)/\sqrt{2} = 0.00$$

DWT pada baris keenam:

180	30	140	70	90	110	220	190
-----	----	-----	----	----	-----	-----	-----

Bagian genap : 180 140 90 220

Bagian ganjil : 30 70 110 190

Koefisien approximasasi (LH) dari baris keenam:

$$(180 + 140)/\sqrt{2} = 212.13$$

$$(90 + 220)/\sqrt{2} = 216.03$$

Koefisien detail (LL) dari baris keenam:

$$(30 - 70)/\sqrt{2} = -35.36$$

$$(110 - 190)/\sqrt{2} = -106.07$$

DWT pada kolom keenam:

255	200	110	220	110	60	170	120
-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----

Bagian genap : 255 110 110 170

Bagian ganjil : 200 220 60 120

Koefisien approximasasi (LH) dari kolom keenam:

$$(255 + 110)/\sqrt{2} = 235.61$$

$$(110 + 170)/\sqrt{2} = 194.38$$

Koefisien detail (LL) dari kolom keenam:

$$(200 - 220)/\sqrt{2} = -14.14$$

$$(60 - 120)/\sqrt{2} = -42.43$$

DWT pada baris ketujuh:

110	210	230	180	50	60	170	240
-----	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

Bagian genap : 110 230 50 170

Bagian ganjil : 210 180 60 240

Koefisien approximasasi (LH) dari baris ketujuh:

$$(110 + 230)/\sqrt{2} = 258.19$$

$$(50 + 170)/\sqrt{2} = 150.00$$

Koefisien detail (LL) dari baris ketujuh:

$$(210 - 180)/\sqrt{2} = 28.28$$

$$(60 - 240)/\sqrt{2} = -140.71$$

DWT pada kolom terakhir:

100	240	240	70	110	70	120	130
-----	-----	-----	----	-----	----	-----	-----

Bagian genap : 100 240 110 120

Bagian ganjil : 240 70 70 130

Koefisien approximasasi (LH) dari kolom terakhir:

$$(100 + 240)/\sqrt{2} = 245.00$$

$$(110 + 120)/\sqrt{2} = 145.00$$

Koefisien detail (LL) dari kolom terakhir:

$$(240 - 70)/\sqrt{2} = 138.56$$

$$(70 - 130)/\sqrt{2} = -49.50$$

Koefisien approximasasi (LH) dan detail (LL) yang telah dihitung adalah sebagai berikut:

Koefisien approximasasi (LH)

180	30	140	70	90	110	220	190
-----	----	-----	----	----	-----	-----	-----

-20.91	-99.50	-35.36	-35.36	-106.07	70.71	-14.14	138.56
--------	--------	--------	--------	---------	-------	--------	--------

Koefisien detail (LL):

Selanjutnya akan disisipkan watermark berupa "AKBAR" ke dalam nilai Koefisien approximasasi (LH) dan Koefisien detail (LL) yang telah dihasilkan sebagai berikut:

- c. Konversi watermark ke dalam bentuk biner. Setiap karakter dalam watermark "AKBAR" dikonversi ke dalam representasi biner menjadi:

'A' -> 65 -> 01000001

'K' -> 75 -> 01001011

'B' -> 66 -> 01000010

'A' -> 65 -> 01000001

'R' -> 82 -> 01010010

- d. Konversi koefisien kedalam biner Koefisien LH:

176.78 (dibulatkan ke 177) -> Biner: 10110001

127.28 (dibulatkan ke 127) -> Biner: 01111111

212.13 (dibulatkan ke 212) -> Biner: 11010100

158.11 (dibulatkan ke 158) -> Biner: 10011110

212.13 (dibulatkan ke 212) -> Biner: 11010100

258.19 (dibulatkan ke 258) -> Biner: 00000010

245.00 (dibulatkan ke 245) -> Biner: 11110101

235.61 (dibulatkan ke 236) -> Biner: 11101100

Koefisien LL:

-20.91 (dibulatkan ke -21) -> Biner: 11101011

-99.50 (dibulatkan ke -100) -> Biner: 10011100

-35.36 (dibulatkan ke -35) -> Biner: 11011101

-35.36 (dibulatkan ke -35) -> Biner: 11011101

-106.07 (dibulatkan ke -106) -> Biner: 10010110

70.71 (dibulatkan ke 71) -> Biner: 01000111

-14.14 (dibulatkan ke -14) -> Biner: 11110010

138.56 (dibulatkan ke 139) -> Biner: 10001011

- e. Ubah Bit terakhir dari koefisien dengan bit watermark

koefisien setelah penyisipan:

(10110001) -> 1 -> 10110001 (tidak berubah, bit sudah 1)

(01111111) -> 1 -> 01111111 (tidak berubah, bit sudah 1)

(11010100) -> 0 -> 11010100 (tidak berubah, bit sudah 0)

(10011110) -> 1 -> 10011111 (bit diubah menjadi 1)

(11010100) -> 0 -> 11010100 (tidak berubah, bit sudah 0)

(00000010) -> 1 -> 00000011 (bit diubah menjadi 1)

(11110101) -> 1 -> 11110101 (tidak berubah, bit sudah 1)

(11101100) -> 0 -> 11101100 (tidak berubah, bit sudah 0)

Koefisien LL setelah penyisipan:

(11101011) -> 1 -> 11101011 (tidak berubah, bit sudah 1)

(10011100) -> 1 -> 10011101 (bit diubah menjadi 1)

(11011101) -> 0 -> 11011100 (bit diubah menjadi 0)

(11011101) -> 1 -> 11011101 (tidak berubah, bit sudah 1)

(10010110) -> 0 -> 10010110 (tidak berubah, bit sudah 0)

(01000111) -> 1 -> 01000111 (tidak berubah, bit sudah 1)

(11110010) -> 0 -> 11110010 (tidak berubah, bit sudah 0)

(10001011) -> 1 -> 10001011 (tidak berubah, bit sudah 1)

- f. Mengembalikan biner koefisien kedalam bentuk decimal

Koefisien LH setelah penyisipan:

177 (biner 10110001)

127 (biner 01111111)

212 (biner 11010100)

159 (biner 10011111)

212 (biner 11010100)

259 (biner 00000011)

245 (biner 11110101)

236 (biner 11101100)

Koefisien LL setelah penyisipan:

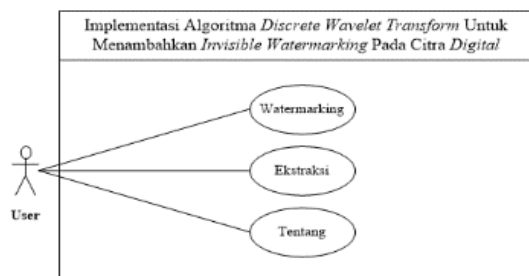
-21 (biner 11101011)

-99 (biner 10011101)
 -36 (biner 11011100)
 -35 (biner 11011101)
 -106 (biner 10010110)
 71 (biner 01000111)
 -14 (biner 11110010)
 139 (biner 10001011)

Penggunaan DWT memungkinkan penyisipan watermark yang tidak terlihat oleh mata manusia, sehingga tidak terdapat perubahan warna pada citra yang dihasilkan

4.2. Use Case Diagram

Use case diagram merupakan konstruksi untuk mendeskripsikan hubungan yang terjadi antara aktor dengan aktivitas yang terdapat pada aplikasi. Use case menjelaskan proses apa saja yang ada dalam aplikasi dan bagaimana hubungannya dengan aktor. Use case diagram dari aplikasi yang akan dibangun dapat dilihat pada gambar 5.



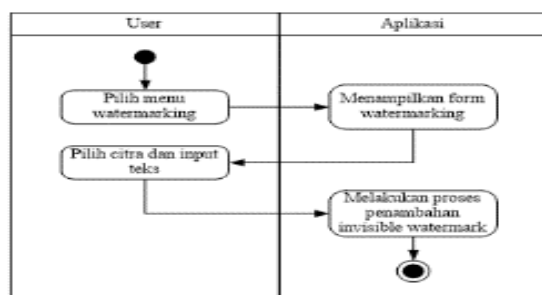
Gambar 5. Use case diagram

4.3. Activity Diagram

Activity diagram menggambarkan berbagai alir aktivitas dalam aplikasi yang sedang dirancang, bagaimana masing-masing alir berawal, decision yang mungkin terjadi, dan bagaimana mereka berakhir. Activity diagram yang terdapat pada sistem yaitu sebagai berikut

4.4. Activity Diagram Watermarking

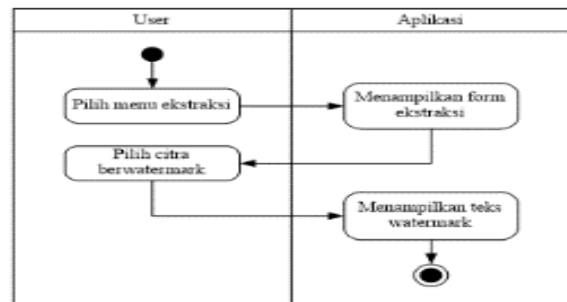
Activity diagram yang menggambarkan proses pemberian invisible watermarking pengamanan dapat dilihat pada activity diagram watermarking gambar 6.



Gambar 6. Activity diagram watermarking

4.5. Activity Diagram Ekstraksi

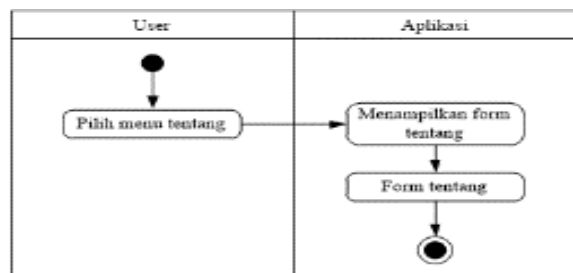
Activity diagram yang menggambarkan proses ekstraksi teks yang terdapat pada citra berwatermark dapat dilihat pada activity diagram ekstraksi gambar 7.



Gambar 7. Activity diagram ekstraksi

4.6. Activity Diagram Tentang

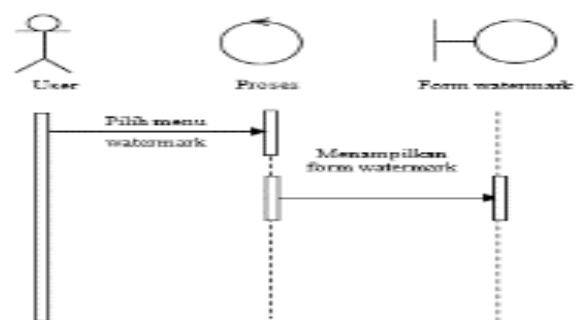
Activity diagram yang menggambarkan proses yang terjadi dalam memilih menu tentang dapat dilihat pada activity diagram tentang gambar 8.



Gambar 8. Activity diagram tentang

4.7. Sequence Diagram Watermark

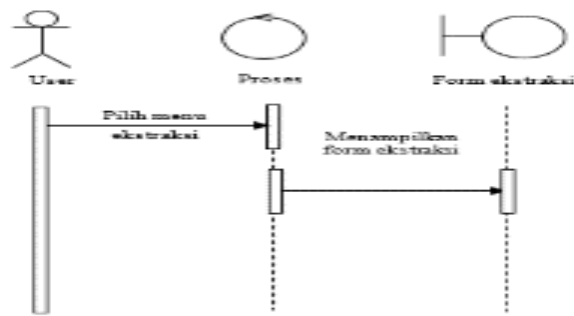
Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu watermark pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram watermark gambar 9.



Gambar 9. Sequence diagram watermark

4.8. Sequence Diagram Ekstraksi

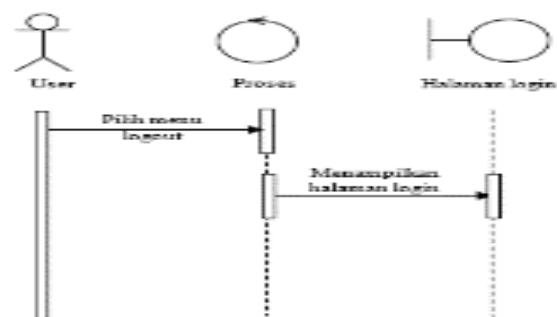
Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu ekstraksi pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram ekstraksi gambar 10.



Gambar 10. Sequence diagram ekstraksi

4.9. Sequence Diagram Tentang

Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu tentang pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram tentang gambar 11.



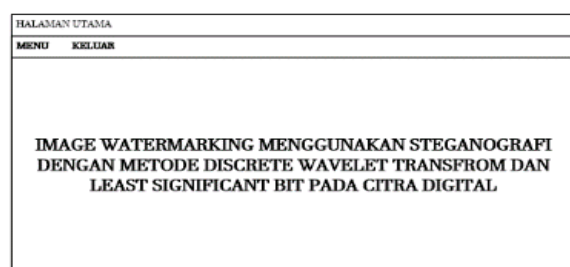
Gambar 11. Sequence diagram tentang

4.10. Desain Antarmuka

Antarmuka pemakai (user interface) adalah tampilan program yang dapat dilihat, didengar atau dipersepsikan oleh pengguna dan perintah-perintah atau mekanisme yang digunakan pemakai untuk mengendalikan operasi dan memasukkan data. Berikut ini merupakan perancangan antarmuka aplikasi Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform Untuk Menambahkan Invisible Watermarking Pada Citra Digital, yaitu:

4.11. Desain Halaman Utama

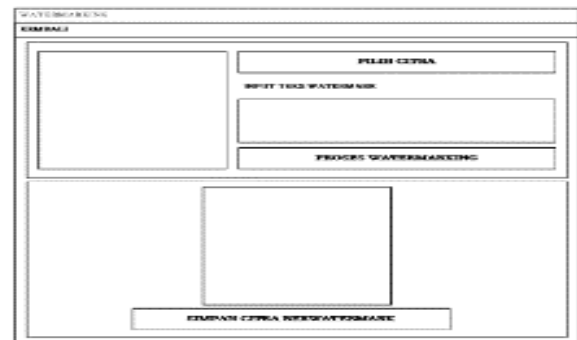
Halaman utama merupakan halaman yang tampil pertama saat aplikasi dijalankan pada komputer maupun laptop. Pada halaman utama terdapat menu bar yang berisikan menu untuk menampilkan halaman watermarking, ekstraksi dan tentang serta menu keluar untuk menutup aplikasi. Desain halaman utama dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Desain halaman utama

4.12. Desain Halaman Watermarking

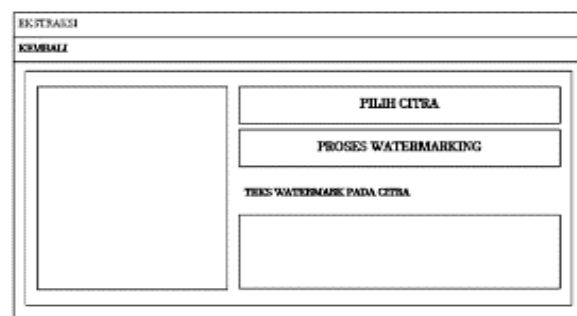
Halaman watermarking digunakan untuk proses penambahan watermark pada citra digital. Desain form watermarking dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Desain halaman watermarking

4.13. Desain Halaman Ekstraksi

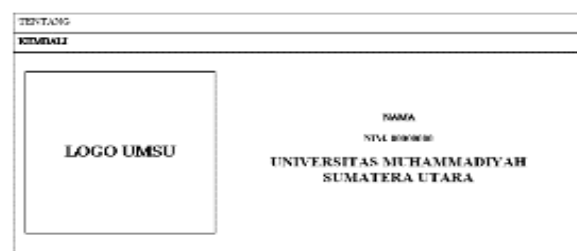
Halaman ekstraksi digunakan untuk menampilkan watermark yang terdapat pada citra berwatermark. Desain halaman ekstraksi dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Desain halaman ekstraksi

4.14. Desain Halaman Tentang

Halaman tentang digunakan untuk menampilkan informasi tentang peneliti. Desain halaman tentang dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Desain halaman tentang

4.15. Pembahasan

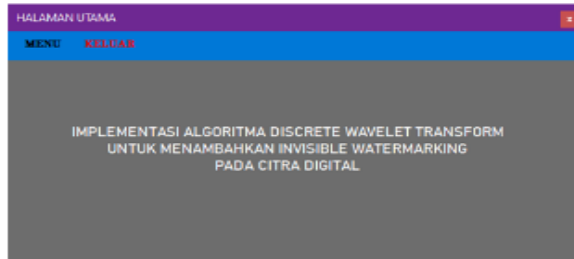
Pada penelitian ini telah dihasilkan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk menyisipkan pesan sebagai invisible watermark pada sebuah citra digital menggunakan metode Discrete Wavelet Transform. Tujuan dibangunnya aplikasi ini adalah untuk digunakan dalam beberapa hal seperti, memberikan watermark tak kasat mata pada sebuah citra digital.

4.16. Pengujian Aplikasi

Berikut ini merupakan hasil pengujian aplikasi saat dijalankan pada perangkat desktop. Hasil pengujian dari masing-masing halaman dapat dilihat sebagai berikut:

4.17. Tampilan Halaman Utama

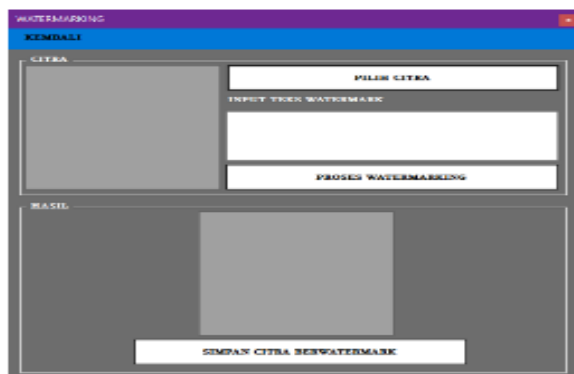
Halaman utama dari aplikasi dapat dilihat pada gambar 16 sebagai berikut:



Gambar 16. Tampilan halaman utama

4.18. Tampilan Halaman Watermarking

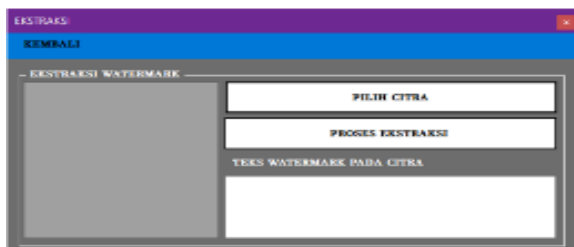
Halaman watermarking digunakan dalam proses penambahan watermark pada citra digital. Tampilan halaman watermark dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Tampilan halaman watermarking

4.19. Tampilan Halaman Ekstraksi

Halaman ekstraksi digunakan untuk menampilkan teks watermark yang terdapat pada citra ber-watermark. Tampilan halaman ekstraksi dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Tampilan halaman ekstraksi

4.20. Tampilan Halaman Tentang

Halaman tentang menampilkan informasi peneliti. Tampilan halaman tentang pada aplikasi dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Tampilan halaman tentang

4.21. Hasil Pengujian

Dalam pengujian penelitian akan melakukan proses penambahan pesan watermarking dan ekstraksi terhadap beberapa citra digital. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Hasil pengujian

N o	Citra Digital	Ukuran Awal	Teks Watermark	Ukuran Penyisipan	Teks ekstraksi
1		666 KB	Akbar Syahdilan	7501 KB	Akbar Syahdilan
2		302 KB	Watermark Akbar	509 KB	Watermark Akbar
3		567 KB	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	822 KB	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4		14 KB	Citra Ini Milik Akbar	198 KB	Citra Ini Milik Akbar
5		12 KB	Teknologi Informasi	197 KB	Teknologi Informasi

Histogram

Dalam pengujian data akan melakukan uji data menggunakan metode histogram. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Hasil histogram

N o	Citra Digital	Citra Stego	Histogram Sebelum disisipi	Histogram Sesudah disisipi
1				
2				
3				
4				
5				

Berdasarkan hasil grafik histogram dari tabel 3 dapat disimpulkan tidak ada perubahan bentuk dalam citra sebelum disisipi dengan sesudah disisipi watermarking.

4.22. PSNR dan MSE

PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) dan MSE (Mean Squared Error) adalah dua metrik yang digunakan untuk mengukur kualitas gambar dengan membandingkan citra asli dengan citra yang mengalami distorsi atau modifikasi dimana pada penelitian ini adalah citra yang telah melalui proses steganografi. Berikut ini merupakan hasil pengujian PSNR dan MSE dari hasil pengujian pada tabel 4

Tabel 4. Hasil evaluasi psnr dan mse

N o	Citra Digital	Citra Stego	PSNR	MSE
1			77.3585128644 474	0.00119461805555 553
2			85.3550415462 446	0.00018948559781 4258
3			84.4256641353 687	0.00023470046353 3416
4			80.3552525948 92	0.00059917695473 251
5			80.5246614652 965	0.00057625434674 615

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 4, kualitas citra stego yang dihasilkan dari proses penyisipan data dapat dikatakan sangat baik. Hal ini terlihat dari nilai PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) yang berkisar antara 77 hingga 85, menunjukkan bahwa citra stego yang dihasilkan masih memiliki kemiripan yang tinggi dengan citra digital aslinya. Nilai PSNR tertinggi diperoleh pada gambar kedua, yaitu sebesar 85.35, yang menandakan bahwa kualitas citra stego pada gambar tersebut paling mendekati citra aslinya. Selain itu, nilai MSE (Mean Squared Error) yang rendah, dengan nilai terendah sebesar 0.0001984855 pada gambar kedua, semakin menguatkan bahwa perbedaan antara citra asli dan citra stego sangat kecil. Secara keseluruhan, teknik penyisipan data yang digunakan terbukti mampu menghasilkan citra stego dengan kualitas yang baik, di mana perbedaan antara citra asli dan stego sangat minimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dihasilkan pada penelitian ini, dapat disimpulkan: Aplikasi yang dihasilkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk menambahkan invisible watermark pada citra digital. Proses penyisipan pesan watermark pada citra digital dilakukan menggunakan teknik steganografi. Algoritma yang digunakan untuk proses penambahan invisible watermark adalah Discrete

Wavelet Transform (DWT). Aplikasi pada penelitian ini dibangun menggunakan perangkat lunak Visual Studio dengan bahasa pemrograman C# (C Sharp). Citra digital yang dapat digunakan dalam proses penambahan invisible watermark adalah citra digital dengan ekstensi .jpeg. Citra dengan invisible watermark yang dihasilkan dengan aplikasi pada penelitian ini memiliki ekstensi .png.

Untuk menyempurnakan aplikasi ini maka diberikan saran: Diharapkan aplikasi ini untuk dikembangkan sehingga dapat digunakan secara mobile pada perangkat smartphone. Diharapkan untuk menambahkan teknik kriptografi untuk mengamankan pesan watermark sebelum ditambahkan pada citra digital. Diharapkan untuk menambahkan format citra digital lainnya yang dapat diberi penambahan invisible watermark. Diharapkan untuk penambahan media lainnya seperti audio dan video untuk dapat ditambahkan invisible watermark.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amarullah, "Perbandingan Implementasi Interpolasi Nearest Neighbour Dan Bilinier Dalam Scaling Pada File," *J. Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD*, vol. 6, pp. 604–610, 2023.
- [2] Y. Sumiah, A., Alfian, "Implementasi Watermarking pada Citra Digital dengan Metode Singular Value Decomposition (svd).," *JEJARING J. Teknol. Dan Manaj. Inform.*, vol. 6(1), pp. 1–6, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.25134/jejaring.v6i1.6720>
- [3] I. Rahmalia, "Rancang Bangun Aplikasi Kombinasi Nearest Neighbour Interpolation Dan Singular Value Decomposition Pada Image To Image Watermarking," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun.*, vol. 1(1), pp. 281–287, 2021.
- [4] E. I. H. Ikromina, F. I., & Ujianto, "Invisible Watermarking Citra Digital Menggunakan Kombinasi Metode Discrete Cosine Transform Dan Discrete Wavelet Transform," *JANAPATI J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 8, pp. 261–271, 2019.
- [5] R. E. Syahputra, "Perancangan Aplikasi Perbandingan Deteksi Tepi Dalam Citra Digital Dengan Metode Edge Detection Linking Dan Sobel," *J. Pelita*, vol. 18, pp. 62–68, 2019.
- [6] M. A. P. T. Tanjung, "Klasifikasi Kategori Citra Digital Dengan Metode Bag Of Visual Words," *JURTEKSI (Jurnal Teknol. Dan Sist. Informasi)*, vol. 2, pp. 153–160, 2019.
- [7] L. Fadjeri, A., Saputra, B. A., Adri Ariyanto, D. K., & Kurniatin, "Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital," *J. Ilm. SINUS*, vol. 20(2), p. 1, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30646/sinus.v20i2.601>
- [8] Y. Rosidin, Sugiantoro, B., & Prayudi, "Analisis Pendeteksi Kecocokan Objek Pada Citra Digital Dengan Metode Algoritma Sift Dan Histogram

- Color Rgb,” *Cyber Secur. Dan Forensik Digit.*, vol. 1, pp. 20–27, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.14421/csecurity.2018.1.1.1235>
- [9] Agung Adhitya, “Citra Digital: Konsep, Aplikasi, dan Perkembangannya,” Power Code. Accessed: Jan. 29, 2024. [Online]. Available: <https://blogs.powercode.id/citra-digital-konsep-aplikasi-dan-perkembangannya/>
- [10] R. C. G. & R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd editio. Prentice Hall, 2002.
- [11] M. Y. Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, “Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Umur Pohon,” *Telematika*, vol. 16(2), p. 97, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31315/telematika.v16i2.3183>
- [12] V. A. Fathiha, “Blind Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform (Dwt) Dan Singular Value Decomposition (Svd),” vol. 24, pp. 125–134.
- [13] S. Nur’aini, “Steganografi Pada Digital Image Menggunakan Metode Least Significant Bit Insertion,” *Walisono J. Inf. Technol.*, vol. 1, p. 73, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21580/wjit.2019.1.1.4025>
- [14] J. Pregus, S., & Kurniawan, “Rancangan Augmented Reality Dalam Pembelajaran Bahasa Berbasis Android,” *J. Mhs. Apl. Teknol. Komput. Dan Inf.*, vol. 5(3), pp. 204–208, 2023.
- [15] K. Alfiah, N., & Salsabila, “Sistem Informasi Pendataan Dan Penjualan Beras Study Kasus Rukun Jaya,” *J. Teknol. Dan Bisnis*, vol. 3(1), pp. 90–97, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.37087/jtb.v3i1.51>
- [16] D. Asroni, O., & Ricardo Serumena, “Pengamanan Hak Cipta Citra Digital dengan Teknik Watermarking Menggunakan Metode Hybrid SVD dengan DWT,” *J. Syntax Admiration*, vol. 2(11), pp. 2145–2157, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i11.334>
- [17] D. Ardiyanto, “Implementasi Metode Dwt (Discrete Wavelet Transform) Dan Metode Huffman Terhadap Kompresi Citra Digital Menggunakan Google Collaboratory,” pp. 1–7, 2020.
- [18] M. Rianti, “Perbandingan Metode Steganografi DCT Dan DWT Pada Berkas Video Mp4,” 2022, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/10605/%0Ahttps://repository.uir.ac.id/10605/1/143510403.pdf>
- [19] S. Endrawan, D., Studi, P., Elektro, T., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, “Penerapan Discrete Wavelet Transform (Dwt) Pada Kompresi File Matroska Video (Mkv),” *Sci. Technol.*, 2023.
- [20] A. F. O. Darwis, D., & Pasaribu, “Komparasi Metode Dwt Dan Svd Untuk Mengukur Kualitas Citra Steganografi,” *Netw. Eng. Res. Oper.*, vol. 5(2), pp. 100–108, 2020.
- [21] & I. Rizal, Rosnita, L., “Sistem Pengenalan Nagham Adzan Melalui Suara Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan Mellin Transform,” *TECHSI*, vol. 10(2), 2023.
- [22] S. Rahman, N. Z., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, “Optimasi File Audio Dengan Metode Discrete Wavelet Transform (Dwt) Untuk Kompresi Dan Butterworth Filter Untuk Mengurangi Noise,” 2020.
- [23] I. Ghifary, A., Suhartono, E., & Safitri, “Compressive Sensing Pada Image Watermarking Berbasis Dwt-Svd Dengan Rekonstruksi Basis Pursuit Denoising,” *E-Proceeding Eng.*, vol. 8(6), pp. 11502–11517, 2021.
- [24] K. Maulida, “Studi Komparasi Video Watermarking dengan Algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform,” *MATHunesa J. Ilm. Mat.*, vol. 8(3), pp. 254–260, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n3.p254-260>
- [25] Y. Sulistyawan, V. N., Andrasto, T., Fathoni, K., Setiyani, H. D., Azizah, N. R., Adnan, F., & Prasetyo, “Pengaruh Serangan LPF pada Audio Watermarking dengan Metode DWT-Histogram Terhadap Performa BER,” *Techno.Com*, vol. 22(4), pp. 812–821, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33633/tc.v22i4.8850>