

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

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

AKBAR SYAHDILAN

NPM : 2009020030



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFOMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

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

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi
Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi
Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**AKBAR SYAHDILAN
NPM. 2009020030**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama Mahasiswa : AKBAR SYAHDILAN

NPM : 2009020030

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



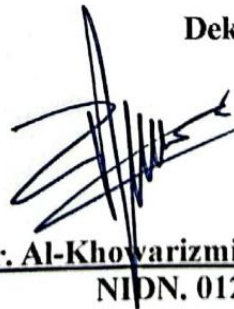
(Mahardika Abdi Prawira, S.Kom, M.Kom)
NIDN. 0117088902

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, M.Kom)
NIDN. 0117088902

Dekan



(Dr. Al-Khoyarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 14 September 2024

Yang membuat pernyataan



Akbar Syandilan

NPM. 2009020030

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Akbar Syahdilan
NPM : 2009020030
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

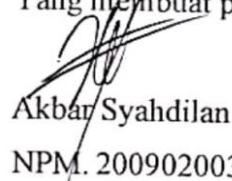
**IMPLEMENTASI ALGORITMA DISCRETE WAVELET TRANSFORM
UNTUK MENAMBAHKAN INVISIBLE WATERMARKING PADA
CITRA DIGITAL**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 14 September 2024

Yang membuat pernyataan


Akbar Syahdilan

NPM. 2009020030

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Akbar Syahdilan
Tempat dan Tanggal Lahir : P.Siantar, 01 Januari 2003
Alamat Rumah : Jalan Johana Lanbaw
Telepon/Faks/HP : 083826995365
E-mail : akbarsyahdilan25@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : Tidak Bekerja
Alamat Kantor : Tidak Ada

DATA PENDIDIKAN

SD : SD NEGERI P.SIANTAR TAMAT: 2014
SMP : SMP MUHAMMDIYAH 19 TAMAT: 2017
SMA : SMK SATRYA BUDI PRDGN TAMAT: 2020

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform Untuk Menambahkan Invisible Watermarking Pada Citra Digital”.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, M.Kom Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
5. Pembimbing Bapak Mahardika Abdi Prawira, S.Kom, M.Kom yang telah membimbing saya dalam penulisan skripsi ini.
6. Ayah Masap Januardi selaku orang tua saya yang telah banyak membantu melalui support dan do'a yang selalu diberikan kepada saya dalam penulisan skripsi ini.
7. Rizky, Aziz, Dede, Adhitya, Suma, dan teman-teman yang lain, yang selalu membantu saya dalam penulisan skripsi.

Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

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

ABSTRAK

Skripsi ini berjudul "implementasi algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) untuk meningkatkan teknik invisible watermarking pada citra digital. 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: metode yang digunakan (DWT), tujuan penelitian (invisible watermarking), dan aspek evaluasi seperti kualitas citra dan ketahanan terhadap serangan.

**IMPLEMENTATION OF THE DISCRETE WAVELET TRANSFORM ALGORITHM TO ADD
INVISIBLE WATERMARKING TO DIGITAL IMAGES**

ABSTRACT

This thesis is entitled "implementation of the Discrete Wavelet Transform (DWT) algorithm to improve invisible watermarking techniques on digital images. DWT is used to insert watermarks in the transformation domain, which allows the watermark to be hidden in the image with minimal impact on its visual quality. This research aims to evaluate the effectiveness of DWT in improving watermark resilience against processing and compression attacks. The results show that this method can increase the reliability of the watermark and maintain good image quality, making a significant contribution to digital data security. Digital images often require protection to prevent counterfeiting and copyright infringement. One method used to protect digital image copyright is invisible watermarking, where the watermark is inserted into the image without being visible to the human eye.

Key words: method used (DWT), research objectives (invisible watermarking), and evaluation aspects such as image quality and resistance to attacks.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. BATASAN MASALAH	3
1.4. TUJUAN PENELITIAN	3
1.5. MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II. LANDASAN TEORI	5
2.1. Citra	5
2.1.1. Jenis –jenis Citra	6
2.1.2. Resolusi Citra	8
2.1.3. Format File Citra	9
2.2. Citra Digital	10
2.3. Watermarking	11
2.4. Steganografi	12
2.4.1. Penggunaan Steganografi	14
2.4.2. Kriteria Steganografi	14
2.5. Discrete Wavelet Transform (DWT)	15
2.6. Bahasa C# (C Sharp)	17
2.7. Microsoft Visual Studio	18
2.8. Literatur Review	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Jenis Penelitian	21
3.2. Teknik Pengumpulan Data	21
3.3. Teknik Analisis Data	22
3.3.1. Analisis Kebutuhan	22
3.3.2. Perancangan	23
3.3.3. Pengujian	24
3.3.4. Implementasi	24
3.4. Jadwal Penelitian	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil.....	30
4.1.1 Perancangan	30
4.1.2 Analisis Algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT)	30
4.1.3 Desain Proses	38
4.1.4 Desain Antarmuka	43
4.2 Pembahasan.....	47
4.2.1 Pengujian Aplikasi	47
4.2.2 Hasil Pengujian	50
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Literatur Review.....	18
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	27
Tabel 4.1. Hasil Pengujian	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian.....	22
Gambar 3.2. Flowchart Penambahan Invisible Watermark	25
Gambar 3.3. Flowchart Pengembalian Invisible Watermark	26
Gambar 4.1. Matriks Pixel Citra Ukuran 8x8	31
Gambar 4.2. Use Case Diagram	39
Gambar 4.3. Activity Diagram Watermarking	40
Gambar 4.4. Activity Diagram Ekstraksi	40
Gambar 4.5. Activity Diagram Tentang	41
Gambar 4.6. Sequence Diagram Watermark.....	42
Gambar 4.7. Sequence Diagram Ekstraksi	42
Gambar 4.8. Sequence Diagram Tentang	43
Gambar 4.9. Desain Halaman Utama.....	44
Gambar 4.10. Desain Halaman Watermarking.....	45
Gambar 4.11. Desain Halaman Ekstraksi.....	46
Gambar 4.12. Desain Halaman Tentang	46
Gambar 4.13. Halaman Utama.....	47
Gambar 4.14. Halaman Watermarking.....	48
Gambar 4.15. Halaman Ekstraksi.....	49
Gambar 4.16. Halaman Tentang	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

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 elemen multimedia, memiliki peran yang sangat vital dalam menyampaikan informasi secara visual. (Amrullah, 2023) Penggunaan citra digital tidak hanya memudahkan dalam hal distribusi, tetapi juga karena biaya penggandaan dan penyimpanannya yang relatif rendah, memungkinkan citra tersebut untuk digunakan di masa mendatang. Berbagai upaya telah dilakukan untuk melindungi citra digital, seperti kriptografi, perlindungan salinan, penandaan yang terlihat, penandaan header, dan metode lainnya. Meskipun demikian, setiap metode tersebut memiliki kelemahan tersendiri dalam melindungi hak cipta citra digital. (Sumiah & Alfian, 2021)

Saat ini, terdapat berbagai teknik yang diterapkan untuk melindungi hak cipta citra digital, salah satunya adalah steganografi. Steganografi merupakan seni untuk menyisipkan pesan rahasia ke dalam media tanpa mengubah bentuk pesan tersebut. Dalam teknik ini, pesan rahasia disisipkan ke dalam citra digital, sehingga orang lain tidak menyadari bahwa ada informasi tersembunyi di dalamnya. Salah satu cabang dari steganografi adalah digital watermarking, yang merupakan solusi untuk melindungi hak cipta dengan cara menyisipkan (embedding) informasi ke dalam media data digital, seperti citra, teks, audio, dan video secara rahasia. (Rahmalia, 2021).

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 penurunan level dekomposisi. (Ikromina & Ujianto, 2019)

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.

1.2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana implementasi algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dapat digunakan untuk menambahkan *invisible watermarking* pada citra *digital* ?
2. Bagaimana kinerja teknik *invisible watermarking* yang diimplementasikan menggunakan algoritma DWT dalam mempertahankan kualitas visual dan keaslian citra digital ?

3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas dan kehandalan metode *invisible watermarking* berbasis DWT pada citra *digital* ?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini dibatasi permasalahannya sebagai berikut :

1. Aplikasi ini digunakan untuk penerapan *watermarking* pada citra digital dengan ekstensi .jpg/.jpeg.
2. *Watermark* yang akan di terapkan ke citra digital *host* adalah pesan teks.
3. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Discrete Wavelet Transform* dalam proses pemberian *watermarking* pada citra digital.
4. Aplikasi ini dirancang dan dibangun menggunakan perangkat lunak *Visual Studio* dan akan digunakan pada perangkat *desktop*.
5. Bahasa pemrograman dalam membangun aplikasi ini adalah bahasa pemrograman C# (*C Sharp*).

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan metode yang efektif dan efisien dalam menyisipkan *watermark* yang bersifat tidak terlihat secara visual ke dalam citra *digital* menggunakan algoritma DWT.
2. Mengevaluasi kinerja dan keandalan teknik *invisible watermarking* yang diimplementasikan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kualitas visual citra, kekuatan *robustness* terhadap serangan, dan kemampuan deteksi *watermark*.

3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas dan kehandalan metode *invisible watermarking* berbasis DWT, termasuk parameter-parameter yang digunakan dalam proses *embedding* dan ekstraksi *watermark*.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi *watermarking* yang dapat meningkatkan keamanan dan keaslian citra *digital*.
2. Metode *invisible watermarking* yang dikembangkan dapat digunakan untuk melindungi hak cipta dan kekayaan intelektual dalam citra *digital*, sehingga menciptakan perlindungan lebih lanjut bagi pemilik konten asli.
3. Implementasi teknik *watermarking* ini dapat digunakan untuk memverifikasi keaslian citra *digital*, membantu dalam mendeteksi apakah suatu citra telah mengalami pemalsuan atau modifikasi yang tidak sah.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Citra

Citra, yang sering digunakan sebagai sinonim, merupakan salah satu elemen multimedia memiliki peran penting sebagai sarana penyampaian informasi secara visual. Citra memiliki karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu kaya akan informasi. Ada sebuah pepatah yang menyatakan, "sebuah gambar bernilai lebih dari seribu kata," yang menunjukkan bahwa sebuah gambar dapat menyampaikan lebih banyak informasi dibandingkan dengan informasi yang disampaikan dalam bentuk teks. Secara umum, citra dapat diartikan sebagai representasi, kemiripan, atau tiruan dari suatu objek. Citra sebagai hasil dari sistem perekaman data dapat berwujud optik, seperti foto; bersifat analog, seperti sinyal video yang ditampilkan pada layar televisi; atau bersifat digital, yang dapat langsung disimpan dalam media penyimpanan. (Syahputra, 2019). Secara visual, manusia mampu membedakan objek yang ada dalam sebuah citra digital. Namun, komputer tidak memiliki kemampuan yang sama seperti penglihatan manusia untuk secara langsung mendeteksi objek dalam gambar. (Tanjung, 20

2.1.1 Jenis-Jenis Citra

Berikut adalah jenis-jenis citra berdasarkan nilai pikselnya:

1. Citra Warna (RGB)

RGB merupakan model skema warna yang terdiri dari tiga warna dasar, yaitu merah (red), hijau (green), dan biru (blue), yang dapat diolah menggunakan berbagai teknik untuk menghasilkan beragam warna. Salah satu contoh pengolahan citra dengan operasi titik adalah konversi citra RGB menjadi citra keabuan. Proses ini dilakukan dengan

cara menghitung rata-rata intensitas RGB dari setiap piksel yang membentuk citra. Pemrosesan citra umumnya dapat dibagi menjadi tiga kategori: citra berwarna, citra hitam-putih, dan citra biner. Dalam citra berwarna, setiap piksel memiliki warna yang berbeda, seperti biru, merah, dan hijau. Dengan rentang nilai antara 0 hingga 255 untuk setiap warna, terdapat $256^3 = 16.581.375$ variasi warna yang mungkin, yang sering kali disebut sebagai gambar bit warna. Citra berwarna terdiri dari tiga matriks yang merepresentasikan nilai untuk merah, hijau, dan biru di setiap piksel. (Fadjeri et al., 2022)

2. Citra *Grayscale* (Keabuan)

Dalam proses pengolahan gambar, salah satu langkah yang dilakukan adalah mengubah citra RGB menjadi citra keabuan. Transformasi ini bertujuan untuk mempermudah pembacaan citra yang memiliki tiga saluran warna, yaitu Merah, Hijau, dan Biru, dengan mengubahnya menjadi citra dengan nuansa abu-abu. Prosedur ini melibatkan perhitungan yang dilakukan pada ketiga saluran warna tersebut secara bersamaan. Citra keabuan mampu merepresentasikan lebih banyak variasi warna dibandingkan dengan citra biner, karena ia berada di antara nilai minimal dan maksimal. Jumlah kemungkinan nilai serta batas maksimum yang ada tergantung pada jumlah bit yang digunakan. Citra keabuan umumnya memiliki format yang dikenal sebagai skala keabuan, di mana hitam digunakan sebagai warna minimal dan putih sebagai warna maksimal, sehingga menghasilkan berbagai variasi abu-abu di antara kedua warna tersebut. (Fadjeri et al., 2022)

2.1.2 Resolusi Citra

Resolusi citra menunjukkan sejauh mana detail dapat dilihat dalam sebuah gambar. Ketika resolusi meningkat, tingkat detail dalam citra tersebut juga ikut meningkat. Terdapat dua jenis resolusi yang penting untuk dipahami, yaitu :

Resolusi Spasial, Ini adalah ukuran seberapa halus atau kasarnya pembagian grid yang terbentuk dari baris dan kolom saat melakukan sampling. Resolusi ini digunakan untuk menentukan jumlah piksel dalam setiap satuan panjang, yang biasanya dinyatakan dalam dpi (dot per inch). Resolusi spasial sangat berpengaruh terhadap ketajaman dan detail gambar.

Resolusi kecemerlangan Sering kali disebut sebagai kedalaman bit (bit depth), resolusi ini menggambarkan tingkat halus atau kasar dalam pembagian gradasi warna yang terjadi selama proses kuantisasi. Bit depth menentukan jumlah informasi warna yang dapat ditampilkan oleh setiap piksel. Semakin tinggi nilai bit depth, semakin baik kualitas gambar yang dihasilkan, meskipun ukuran file juga akan bertambah besar. Setiap piksel dalam citra warna mencerminkan warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue).

Setiap warna dasar menggunakan 8 bit atau 1 byte untuk penyimpanannya, yang memungkinkan hingga 255 gradasi warna, sehingga setiap piksel dapat memiliki kombinasi warna yang berbeda. Penyimpanan citra true color dalam memori berbeda dari citra grayscale. Pada citra grayscale, setiap piksel dapat mewakili 256 gradasi warna dan disimpan menggunakan 1 byte. Sementara itu, pada citra true color, setiap piksel membutuhkan 3 byte, di mana setiap byte tersebut merepresentasikan salah satu warna dasar: Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue) (Rosidin et al., 2018)

2.1.3 Format File Citra

Format file citra perlu mengintegrasikan kualitas citra, ukuran file, dan kompatibilitas dengan berbagai aplikasi. Saat ini, terdapat beberapa jenis format file citra standar yang digunakan untuk menyimpan citra. Setiap format memiliki karakteristik unik yang membedakannya dari yang lain. Contoh format umum yang sering digunakan antara lain adalah Bitmap (.bmp), Tagged Image Format (.tif, .tiff), dan sebagainya.

Di sisi lain, citra vektor dihasilkan melalui perhitungan matematis dan tidak terdiri dari piksel. Data citra vektor disimpan dalam bentuk vektor posisi, yang hanya menyimpan informasi posisi dan fungsi yang membentuk citra tersebut. Walaupun perubahan warna pada citra vektor lebih sulit dilakukan, modifikasi objek dengan mengubah nilai menjadi lebih mudah. Kelebihan dari citra vektor adalah ketika citra tersebut diperbesar atau diperkecil, kualitasnya tetap terjaga dan tidak mengalami perubahan. Format citra vektor biasanya dibuat menggunakan aplikasi seperti CorelDRAW dan sebagainya (Rosidin et al., 2018)

2.2 Citra Digital

Citra digital merupakan representasi visual dari objek atau pemandangan yang disimpan dalam format digital. Citra ini terdiri dari kumpulan piksel, yaitu elemen terkecil dari gambar, yang masing-masing diberikan nilai numerik berdasarkan tingkat kecerahan (intensitas) dan warna.

Citra digital memiliki berbagai aplikasi, termasuk pengenalan wajah, deteksi objek, restorasi gambar, pengolahan medis, grafika komputer, dan lainnya. Teknik pengolahan citra digital digunakan untuk memanipulasi gambar-gambar ini dengan tujuan tertentu, seperti meningkatkan kualitas visual, mengekstrak fitur tertentu, atau membuat keputusan berdasarkan informasi yang terkandung dalam gambar. Citra digital adalah representasi dua dimensi yang dihasilkan dari sinyal analog dua dimensi yang kontinu melalui proses sampling. Gambar analog ini dibagi menjadi N baris dan M kolom, sehingga menghasilkan gambar yang bersifat diskrit.. (Munantri et al., 2020)

2.3 *Watermarking*

Watermarking adalah teknik yang digunakan untuk menyisipkan data atau informasi rahasia ke dalam citra digital, yang dapat berupa logo, teks, atau gambar lain. Teknik ini dirancang untuk menginformasikan pemilik citra digital tanpa mengubah penampilan citra aslinya, sehingga citra tersebut tetap terlihat seperti versi aslinya. (Fathiha, 2020)

Digital Watermarking adalah metode yang digunakan untuk menyisipkan informasi ke dalam media digital secara tersembunyi, sehingga informasi tersebut tidak dapat dilihat oleh mata manusia, tetapi dapat dideteksi oleh perangkat komputer. Medium yang digunakan sebagai penutup (cover) dan watermark dapat berupa teks, gambar digital, audio, atau video. Khususnya dalam konteks gambar digital, proses ini dikenal sebagai Digital Watermarking Image. Digital Watermarking Image beroperasi pada dua domain dalam pengolahan gambar digital, yakni domain spasial dan domain frekuensi. Transformasi di domain spasial melibatkan perubahan nilai piksel pada gambar digital, sementara transformasi di domain frekuensi menyisipkan watermark ke dalam koefisien frekuensi yang dihasilkan dari transformasi gambar asli (Fathiha, 2020)

2.4 Steganografi

Definisi lain dari steganografi mencakup teknik atau seni dalam menyembunyikan pesan atau tulisan rahasia (hidden message), sehingga hanya pengirim dan penerima yang dapat membacanya. Istilah steganografi berasal dari bahasa Yunani, yaitu "steganos," yang berarti tersembunyi atau menyembunyikan, dan "graphy," yang berarti tulisan, sehingga secara keseluruhan berarti tulisan yang disembunyikan. Dalam buku "Histories" karya Herodotus, terdapat contoh steganografi yang menggunakan kepala budak sebagai media. Caranya adalah dengan mencukur kepala budak, kemudian menuliskan pesan pada kulit kepalanya. Setelah itu, rambut budak dibiarkan tumbuh kembali, dan budak tersebut dikirim ke lokasi penerima. (Nur'aini, 2019).

2.4.1 Penggunaan Steganografi

Steganografi, sebagai teknik untuk menyembunyikan informasi di dalam data digital lainnya, memiliki berbagai manfaat dan aplikasi yang dapat digunakan untuk tujuan-tujuan berikut:

1. Tamper-proofing, steganografi dapat berfungsi sebagai sarana untuk mengidentifikasi atau sebagai indikator yang menandakan bahwa data host telah mengalami modifikasi dari bentuk aslinya.
2. Feature location, steganografi dapat berfungsi sebagai alat untuk mengenali konten dari data digital di lokasi-lokasi spesifik, contohnya penamaan objek tertentu di antara beberapa objek lain dalam sebuah citra digital.
3. Annotation/caption Steganografi hanya digunakan sebagai keterangan tentang data digital itu sendiri

2.4.2 Kriteria Steganografi

Penyembunyian data rahasia ke dalam media penampung dapat mempengaruhi kualitas dari media tersebut. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam proses penyembunyian data antara lain adalah:

1. *Fidelity*, Kualitas berkas penampung sebaiknya tetap terjaga setelah proses penyisipan data rahasia. Berkas hasil steganografi harus tetap terlihat atau terdengar dengan jelas. Pengamat tidak seharusnya menyadari bahwa terdapat data rahasia di dalam berkas tersebut.
2. *Recovery*, Data yang disembunyikan perlu dapat diekstraksi kembali. Mengingat tujuan dari steganografi adalah untuk menyembunyikan informasi, maka informasi yang terdapat dalam berkas penampung harus dapat diakses kembali kapan saja untuk keperluan lebih lanjut.
3. *Security*, data rahasia harus kebal terhadap deteksi pembajakan dan juga diharapkan bisa menyulitkan dari usaha *steganalisis* (Malese, 2021).

2.5 *Discrete Wavelet Transform (DWT)*

Transformasi wavelet diskrit secara umum dapat dipahami sebagai proses dekomposisi citra dalam frekuensi subband. Komponen subband yang dihasilkan dari transformasi ini diperoleh melalui penurunan level dekomposisi. Proses implementasi transformasi wavelet diskrit dilakukan dengan menerapkan sinyal pada filter lowpass dan highpass, diikuti oleh downsampling dari output masing-masing filter. Filter highpass berfungsi untuk menganalisis frekuensi tinggi, sementara filter lowpass digunakan untuk frekuensi rendah. Dekomposisi dapat dilakukan dalam satu atau lebih tingkat. Dengan menggunakan koefisien dari Transformasi Wavelet Diskrit, proses Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT) dapat diterapkan untuk merekonstruksi sinyal ke bentuk aslinya. (Ikromina & Ujianto, 2019)

2.6 *Bahasa C# (C Sharp)*

Bahasa C# merupakan kombinasi yang kuat antara C++ dan Java, sehingga tidak mengherankan jika bahasa ini memiliki kesamaan dengan kedua bahasa tersebut. Menurut Miles (2016), "C# bears a strong resemblance to the C++ and Java programming languages, having borrowed (or improved) features provided by these languages." (Pregus & Kurniawan, 2023)

Bahasa C# tidak dijadikan sebagai produk terpisah, melainkan merupakan bagian dari platform Microsoft .NET Framework (diucapkan "Microsoft Dot Net Framework"). .NET Framework umumnya menyediakan lingkungan untuk pengembangan dan pelaksanaan program yang ditulis dalam bahasa C# maupun bahasa lain yang kompatibel dengan .NET, seperti VB.NET, Managed C++, F#.

2.7 *Microsoft Visual Studio*

Microsoft Visual Studio adalah sebuah lingkungan pengembangan terintegrasi (Integrated Development Environment/IDE) yang dikembangkan oleh Microsoft Corporation. IDE ini memungkinkan pengguna untuk mengembangkan aplikasi baik dalam bentuk kode asli (native code) yang berfungsi langsung pada sistem operasi Windows, maupun dalam bentuk kode terkelola (managed code) yang dikompilasi menjadi Microsoft Intermediate Language (MSIL) dan dijalankan di atas .NET Framework).

Selain itu, Visual Studio juga mendukung pengembangan aplikasi Silverlight dan aplikasi Windows Mobile yang beroperasi di atas .NET Compact Framework. IDE ini dilengkapi dengan editor kode yang memiliki fitur IntelliSense dan kemampuan refactoring kode. Debugger yang terintegrasi berfungsi pada tingkat sumber dan tingkat mesin. (Alfiah & Salsabila, 2021)

2.8 **Literatur Review**

Pelaksanaan ini dilakukan berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. 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

2	(Ardiyanto, 2020)	Implementasi Metode Dwt (Discrete Wavelet Transform) Dan Metode Huffman Terhadap Kompresi Citra Digital Menggunakan Google Collaboratory
3	(Rianti, 2022)	Perbandingan Metode Steganografi DCT Dan DWT Pada Berkas Video Mp4
4	(Endrawan et al., 2023)	Penerapan Discrete Wavelet Transform (DWT) Pada Kompresi File Matroska Video (MKV)
5	(Darwis & Pasaribu, 2020)	Komparasi Metode Dwt Dan Svd Untuk Mengukur Kualitas Citra Steganografi.
6	(Rizal et al., 2023)	Sistem Pengenalan Naghham Adzan Melalui Suara Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan Mellin Transform
7	(Rahman et al., 2020)	Optimasi File Audio Dengan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Untuk Kompresi Dan Butterworth Filter Untuk Mengurangi Noise Menggunakan Matlab
8	(Ghifary et al., 2021)	Compressive Sensing Pada Image Watermarking Berbasis Dwt-svd Dengan Rekonstruksi Basis Pursuit Denoising
9	(Maulida, 2020)	Studi Komparasi Video Watermarking dengan Algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform

10	(Sulistyan et al., 2023)	Pengaruh Serangan LPF pada Audio Watermarking dengan Metode DWT-Histogram Terhadap Performa BER
----	--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

BAB III

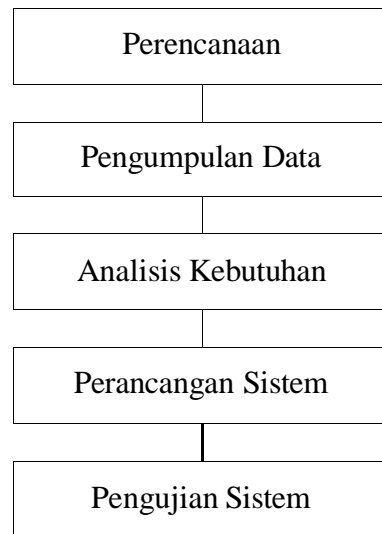
METODOLOGI PENELITIAN

1.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif digunakan untuk secara sistematis mengukur efektivitas dan keandalan implementasi algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) dalam menambahkan watermark yang tidak terlihat pada citra digital. Dengan menggunakan metode eksperimen yang terkontrol, variasi parameter DWT dievaluasi untuk menentukan tingkat efektivitas algoritma dalam menerapkan watermark tersebut pada citra digital. Analisis statistik dilakukan untuk menilai hasil penambahan watermark yang telah diterapkan pada citra digital, serta untuk menguji hipotesis terkait akurasi dan keandalan teknik ini dalam proses penambahan watermark yang tidak terlihat.

1.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi berbasis desktop yang dirancang untuk menambahkan watermark yang tidak terlihat pada citra digital. Tujuan dari penambahan watermark ini adalah untuk melindungi hak cipta atas kepemilikan citra tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pelaksanaan penelitian dan membangun sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian

Berdasarkan gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian akan diuraikan sebagai berikut :

1. Perencanaan

Pada tahap perencanaan mulai dilakukan identifikasi dari masalah yang ditemukan. Selanjutnya dilakukan perencanaan proses-proses yang akan terjadi dalam aplikasi.

2. 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 sebagai berikut :

a. Penelitian Kepustakaan

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pencarian jurnal dan e-book untuk memperdalam pemahaman serta mengumpulkan referensi dasar teori.

b. Studi Literatur

Studi Pustaka (Literatur) adalah proses yang melibatkan pengumpulan daftar pustaka, membaca, mencatat, guna menemukan referensi yang relevan dengan kasus atau isu yang diangkat dalam penelitian.

c. Observasi

Pengamatan (Observasi) adalah metode pengumpulan data yang efisien untuk menganalisis suatu sistem.

3. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merujuk pada proses identifikasi berbagai bahan yang diperlukan untuk mengembangkan sistem yang bertujuan meningkatkan dan memfasilitasi proses pembuatan suatu objek.

Analisis kebutuhan mencakup dua kategori, yaitu kebutuhan fungsional dan nonfungsional. Kebutuhan fungsional menjelaskan fungsi-fungsi yang harus dijalankan oleh suatu sistem untuk mencapai tujuannya. Sementara itu, kebutuhan nonfungsional menggambarkan aspek-aspek lain seperti karakteristik, batasan sistem, kinerja, dokumentasi, dan elemen lainnya yang diperlukan agar sistem dapat beroperasi dengan sukses.

a. Analisa Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional yang harus dimiliki aplikasi adalah :

- 1) Mengimplementasikan algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) pada aplikasi yang akan dibangun.
- 2) Aplikasi yang dibangun dapat digunakan untuk menerapkan invisible watermark pada citra digital.

b. Analisa Kebutuhan Non-fungsional

Kebutuhan non-fungsional yang harus dimiliki oleh aplikasi adalah :

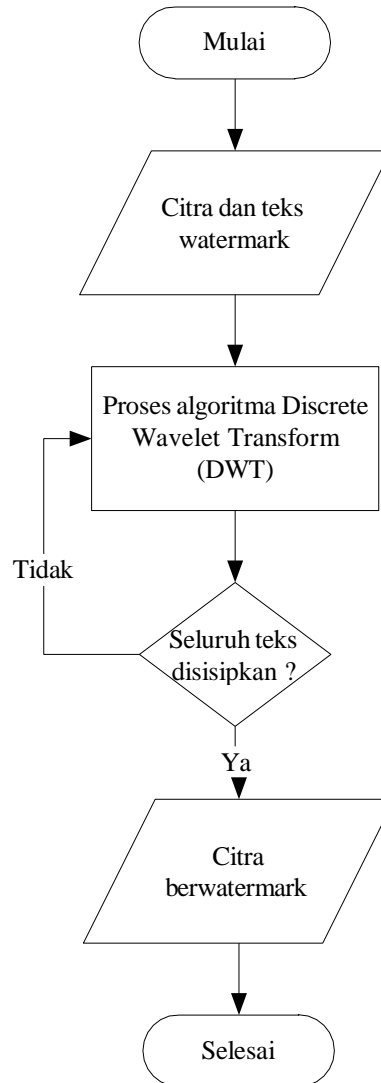
- 1) Waktu proses pengujian haruslah cepat dan efisien, sehingga dapat mengefektifkan waktu penggunaan aplikasi.
- 2) Tampilan antarmuka aplikasi agar dirancang dengan menarik dan dapat dimengerti oleh pengguna.

4. Perancangan Aplikasi

Desain aplikasi merupakan elemen krusial dalam pengembangan suatu sistem atau aplikasi. Desain ini bertujuan untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai aplikasi yang akan dikembangkan. Proses perancangan ini dilakukan untuk memahami kondisi umum dari aplikasi yang akan dibangun dalam penelitian ini. Flowchart berikut menggambarkan fungsi-fungsi yang akan diterapkan dalam aplikasi, termasuk proses penambahan dan penampilan watermark tak terlihat :

a. 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 3.2 sebagai berikut :



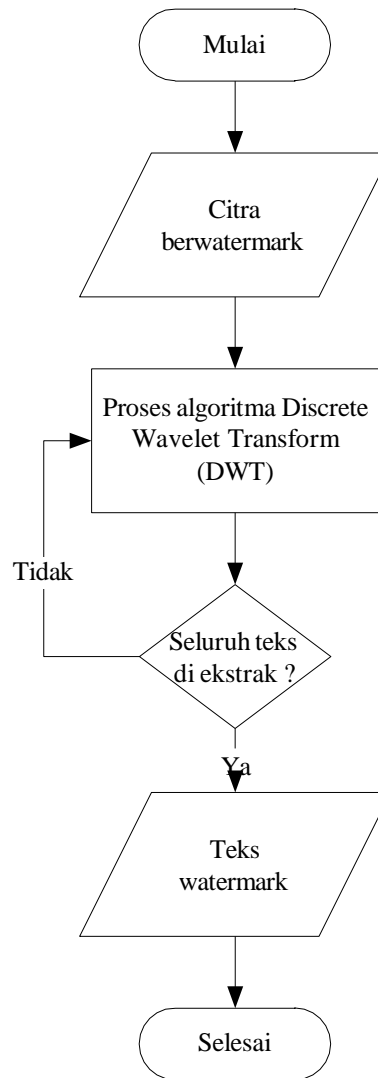
Gambar 3.2. Flowchart Penambahan Invisible Watermark

Tahapan dalam proses pemberian watermark pada citra adalah :

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

b. 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 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3. Flowchart Menampilkan Invisible Watermark

Tahapan dalam proses pemberian watermark pada citra adalah :

1. Pilih citra yang memiliki invisible watermark di dalamnya.
2. Mulai proses ekstraksi invisible watermark yang terdapat pada citra menggunakan algoritma DWT.
3. Ulangi proses ekstraksi teks hingga seluruh teks watermark telah di ekstraksi.
4. Setelah proses ekstraksi selesai, aplikasi akan menampilkan teks watermark yang terdapat di dalam citra.

5. Pengujian Aplikasi

Pada tahap ini, modul-modul yang telah dikembangkan digabungkan dan diuji untuk memastikan bahwa aplikasi yang dibuat sesuai dengan desain awal serta untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya kesalahan. Pengujian dilakukan dengan menguji aplikasi yang telah dibuat melalui proses verifikasi kemiripan gambar.

3.4. Jadwal Penelitian

Waktu dan jadwal pelaksanaan pada penelitian Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform Untuk Menambahkan Invisible Watermarking Pada Citra Digital dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Keterangan	Jadwal Penelitian															
	Mei (2024)				Juni (2024)				Juli (2024)				Agustus (2024)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Perencanaan	■	■	■	■												
Pengumpulan data					■	■	■									
Perancangan									■	■						
Pengujian									■	■	■	■				
Penerapan													■	■	■	■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.2 Hasil

4.1.1 Perancangan

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. Dengan menggunakan metode DWT, diharapkan watermark dapat bertahan terhadap berbagai bentuk serangan atau manipulasi citra, sehingga meningkatkan keamanan dan kehandalan sistem watermarking ini.

4.1.2 Analisis Algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT)

Pada bagian ini, akan dilakukan analisis Algoritma Discrete Wavelet Transform yang dipakai 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 8×8 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 4.1 Matriks Pixel Citra Ukuran 8x8

b. Terapkan DWT pada gambar tersebut

DWT pada gambar 8x8 akan menghasilkan empat set koefisien :

- Koefisien approximasi LL (LH).
- Koefisien detail LH (LL).
- Koefisien detail HL (HL).
- Koefisien 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 approximasi (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 approximasi (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 approximasi (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 approximasi (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 approximasi (LH) dan detail (LL) yang telah dihitung adalah sebagai berikut :

Koefisien approximasi (LH) :

176.7	127.2	212.1	158.1	212.1	258.1	245.0	235.6
8	8	3	1	3	9	0	1

Koefisien detail (LL) :

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

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

- a. 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

- b. Konversi koefisien ke dalam 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

- c. Ubah bit terakhir dari koefisien dengan bit watermark

Koefisien LH 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)

d. Mengembalikan biner koefisien ke dalam bentuk desimal

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)

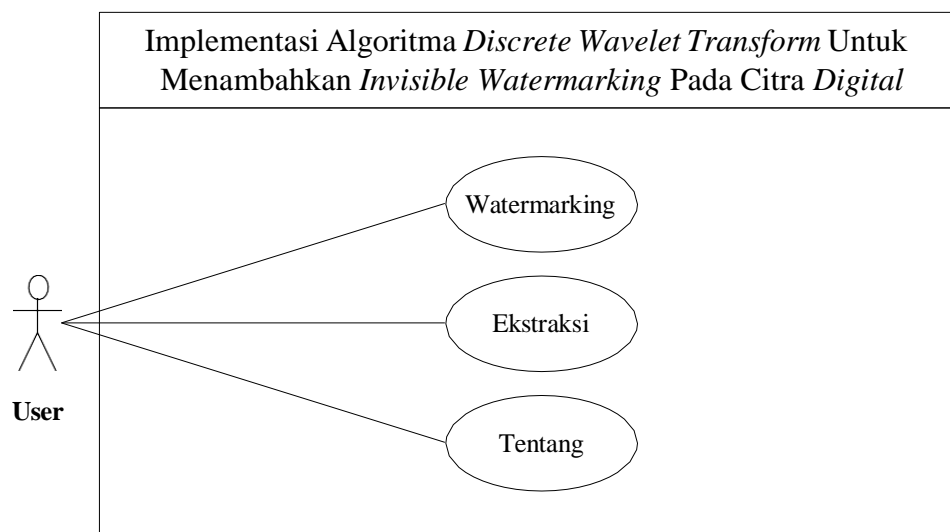
139 (biner 10001011)

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

4.1.2 Desain Proses

1. Use Case Diagram

Diagram use case adalah alat yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dan aktivitas dalam aplikasi. Use case menjelaskan berbagai proses yang ada dalam aplikasi serta hubungan antara proses tersebut dan aktor. Diagram use case untuk aplikasi yang akan dikembangkan dapat dilihat pada gambar 4.2.



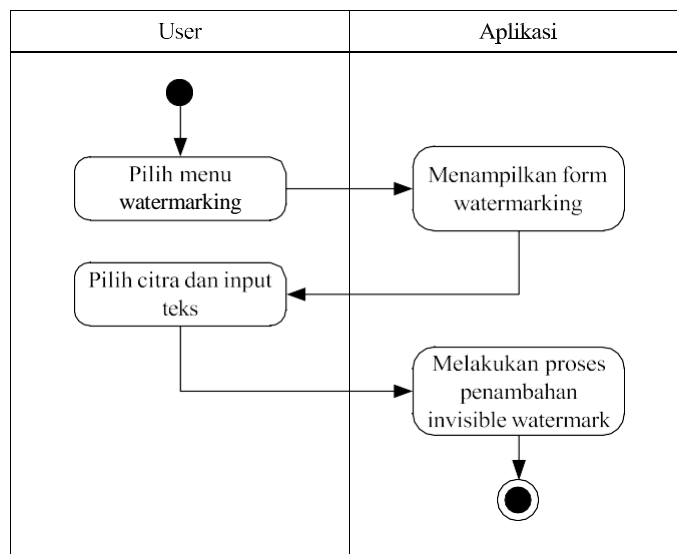
Gambar 4.2. Use Case Diagram

2. Activity Diagram

Activity diagram adalah representasi visual dari berbagai alur aktivitas dalam aplikasi yang sedang dikembangkan. Diagram ini menunjukkan alur dimulai, keputusan (decision) yang mungkin terjadi, dan bagaimana setiap alur diakhiri. Berikut adalah activity diagram yang menggambarkan sistem yang dimaksud :

a. Activity Diagram Watermarking

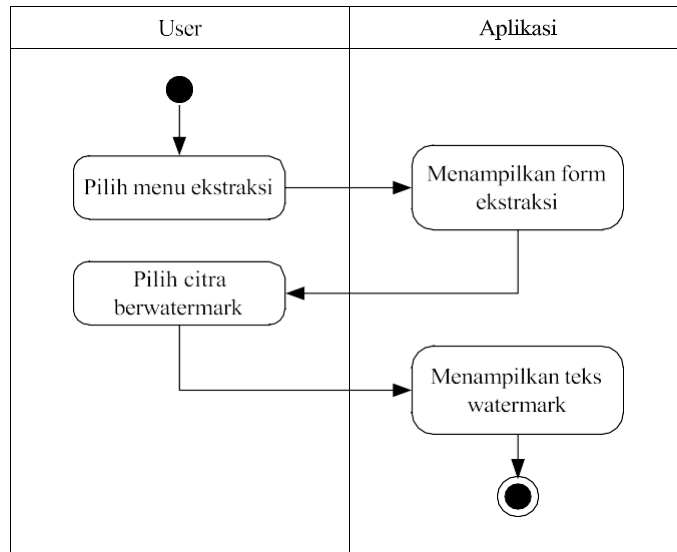
Activity diagram yang menggambarkan proses pemberian invisible watermarking pengamanan dapat dilihat pada activity diagram watermarking gambar 4.3.



Gambar 4.3. Activity Diagram Watermarking

b. Activity Diagram Ekstraksi

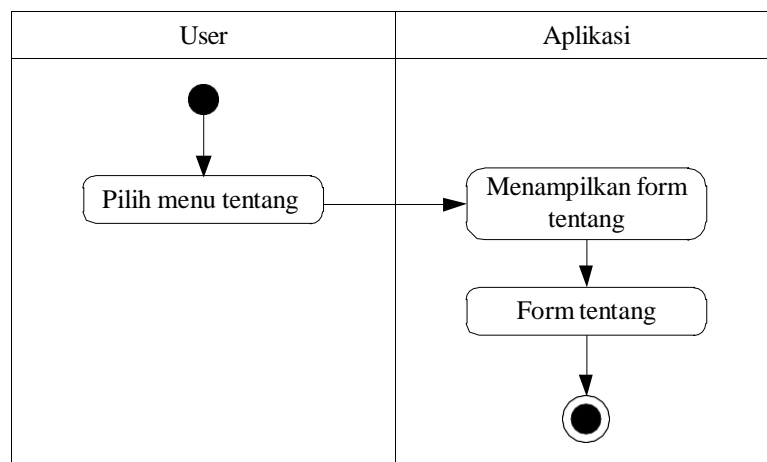
Activity diagram yang menggambarkan proses ekstraksi teks yang terdapat pada citra berwatermark dapat dilihat pada activity diagram ekstraksi gambar 4.4.



Gambar 4.4. Activity Diagram Ekstraksi

c. Activity Diagram Tentang

Activity diagram yang menggambarkan proses yang terjadi dalam memilih menu tentang dapat dilihat pada activity diagram tentang gambar 4.5.



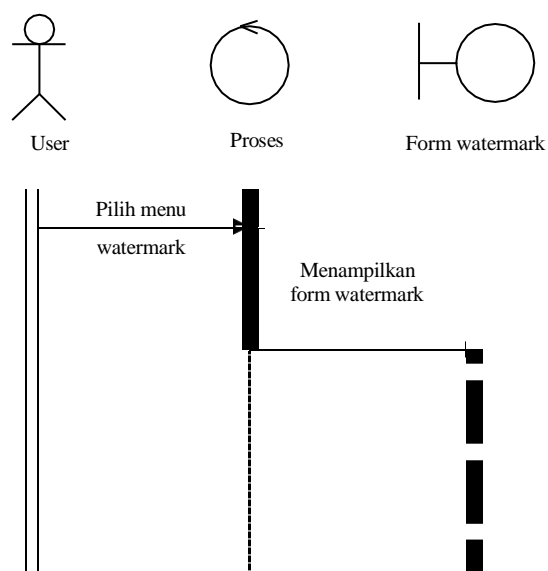
Gambar 4.5. Activity Diagram Tentang

3. Sequence Diagram

Sequence diagram yang menggambarkan alur kerja dari aplikasi adalah sebagai berikut :

a. Sequence Diagram Watermark

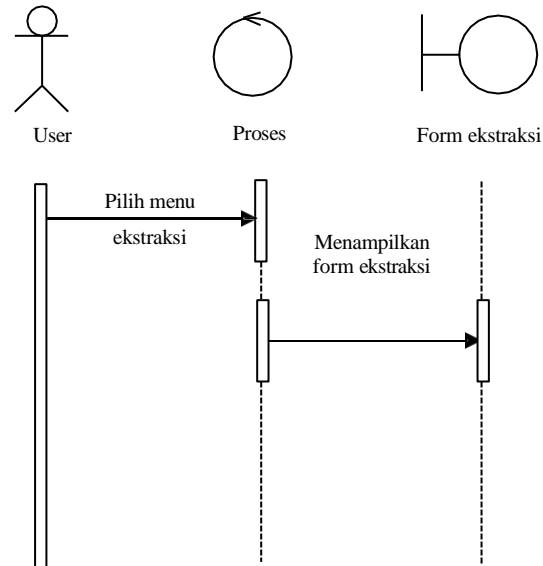
Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu watermark pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram watermark gambar 4.6.



Gambar 4.6. Sequence Diagram Watermark

b. Sequence Diagram Ekstraksi

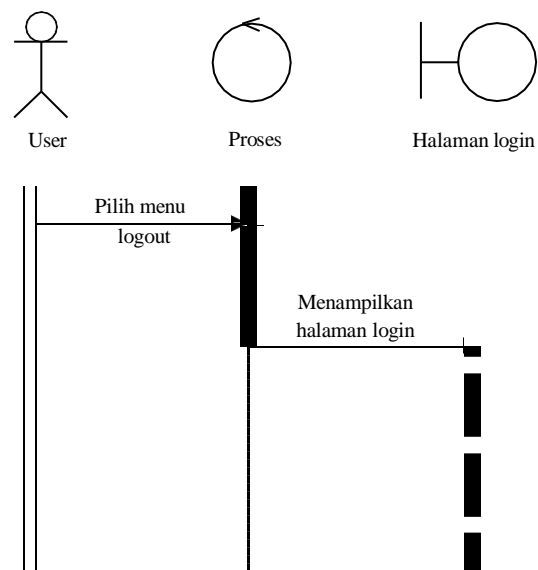
Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu ekstraksi pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram ekstraksi gambar 4.7.



Gambar 4.7. Sequence Diagram Ekstraksi

c. Sequence Diagram Tentang

Sequence diagram yang menggambarkan proses dalam memilih menu tentang pada aplikasi dapat dilihat pada sequence diagram tentang gambar 4.8.



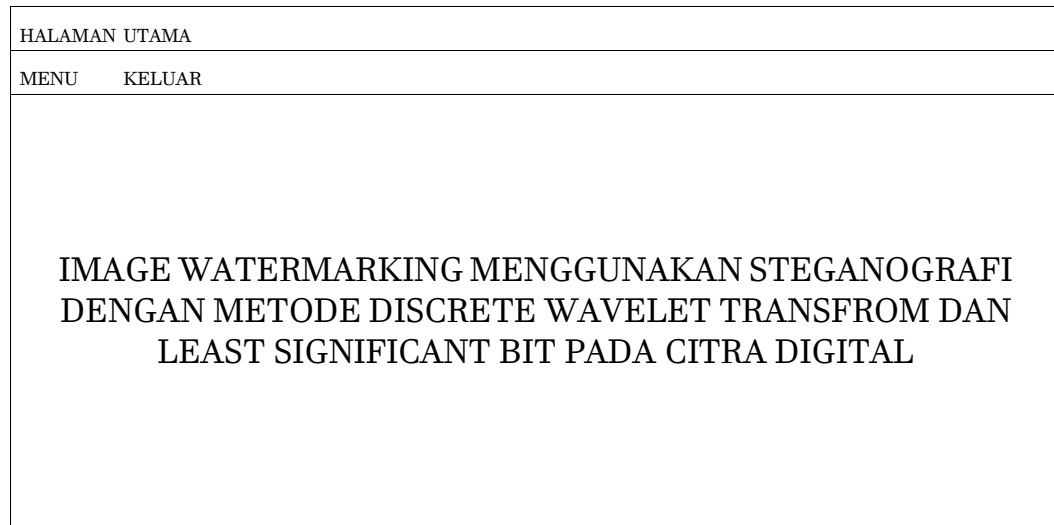
Gambar 4.8. Sequence Diagram Tentang

4.1.3 Desain Antarmuka

Antarmuka pemakai (user interface) adalah elemen penting dari sebuah aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan program. Antarmuka ini mencakup elemen visual, suara, dan mekanisme yang digunakan untuk mengendalikan operasi serta memasukkan data. Dalam konteks aplikasi "Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform untuk Menambahkan Invisible Watermarking pada Citra Digital," yaitu :

1. 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 4.9.



Gambar 4.9. Desain Halaman Utama

2. Desain Halaman Watermarking

Halaman watermarking digunakan untuk proses penambahan watermark pada citra digital. Desain form watermarking dapat dilihat pada gambar 4.10.

WATERMARKING	
KEMBALI	
	<input type="button" value="PILIH CITRA"/>
	INPUT TEKS WATERMARK
	<input type="text"/>
	<input type="button" value="PROSES WATERMARKING"/>
	
<input type="button" value="SIMPAN CITRA BERWATERMARK"/>	

Gambar 4.10. Desain Halaman Watermarking

3. Desain Halaman Ekstraksi

Halaman ekstraksi digunakan untuk menampilkan watermark yang terdapat pada citra berwatermark. Desain halaman ekstraksi dapat dilihat pada gambar 4.11.

EKSTRAKSI	
KEMBALI	
	PILIH CITRA
	PROSES WATERMARKING
	TEKS WATERMARK PADA CITRA

Gambar 4.11. Desain Halaman Ekstraksi

4. Desain Halaman Tentang

Halaman tentang digunakan untuk menampilkan informasi tentang peneliti. Desain halaman tentang dapat dilihat pada gambar 4.12.

TENTANG	
KEMBALI	
LOGO UMSU	NAMA
	NIM. 00000000
	UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
	SUMATERA UTARA

Gambar 4.12. Desain Halaman Tentang

1.3 Pembahasan

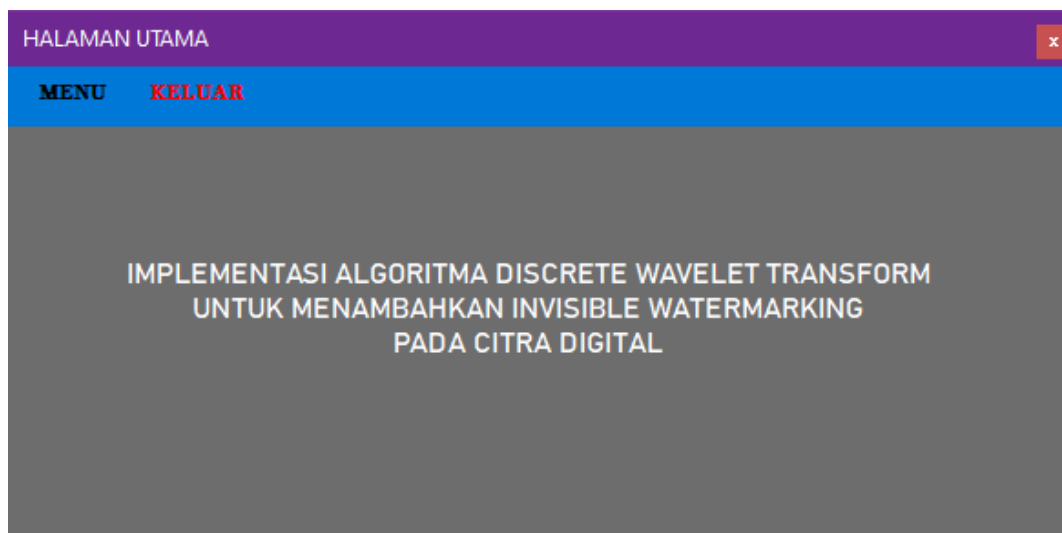
Pada penelitian ini telah dihasilkan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk menyisipkan pesan sebagai invisible watermark pada sebuah citra digital menggunakan metode Discrete Wavelet Transform. Tujuan dibangunnya aplikasi ini adalah untuk digunakan dalam beberapa hal seperti, memberikan *watermark*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

4.2.1 Pengujian Aplikasi

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

1. Tampilan Halaman Utama

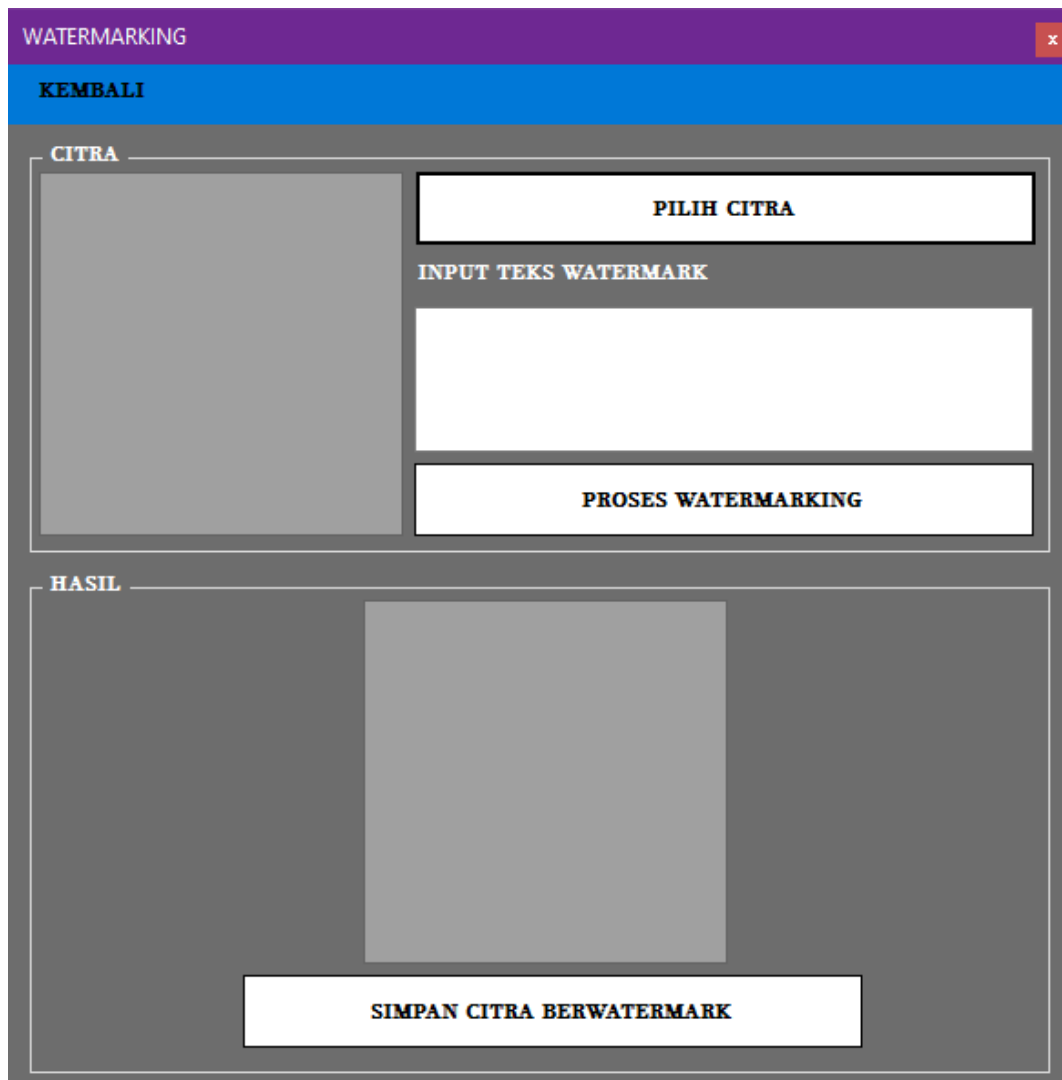
Halaman utama menampilkan halaman depan dari aplikasi



Gambar 4.13. Halaman Utama

2. Tampilan Halaman Watermarking

Halaman watermarking digunakan dalam proses penambahan watermark pada citra digital.



The image shows a web application window titled "WATERMARKING" with a close button (x) in the top right corner. Below the title bar is a blue navigation bar with the text "KEMBALI". The main content area is divided into two sections: "CITRA" and "HASIL".

CITRA section:

- A large gray rectangular area on the left for image display.
- A button labeled "PILIH CITRA" on the right.
- An "INPUT TEKS WATERMARK" section with a white text input field.
- A button labeled "PROSES WATERMARKING" below the input field.

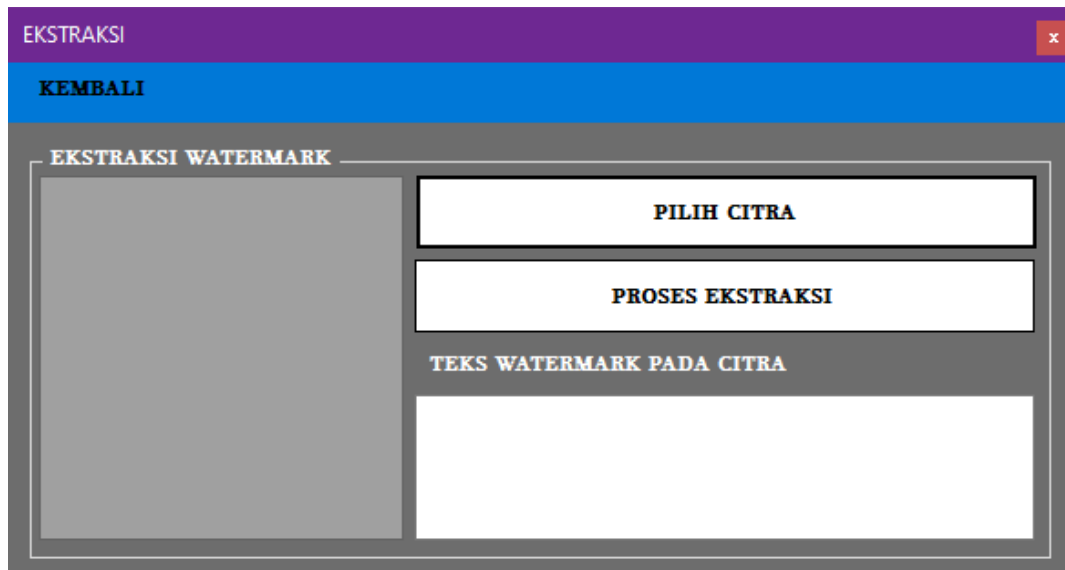
HASIL section:

- A large gray rectangular area for displaying the watermarked image.
- A button labeled "SIMPAN CITRA BERWATERMARK" at the bottom center.

Gambar 4.14. Halaman Watermarking

3. Halaman Ekstraksi

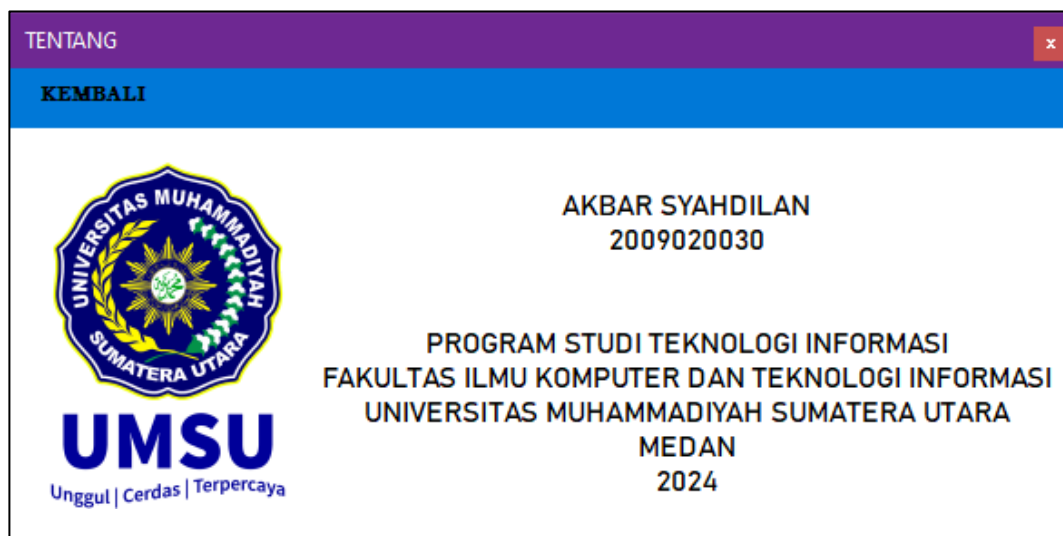
Halaman ekstraksi digunakan untuk menampilkan teks watermark yang terdapat pada citra ber-watermark.



Gambar 4.15. Halaman Ekstraksi

4. Halaman Tentang

Halaman tentang menampilkan informasi peneliti.







Gambar 4.16. Halaman Tentang

4.2.2 Hasil Pengujian

Dalam pengujian penelitian akan melakukan proses penambahan pesan watermarking dan ekstraksi terhadap beberapa citra digital. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian

No	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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disampaikan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu menambahkan invisible watermark pada citra digital. Proses penyisipan pesan watermark dilakukan melalui teknik steganografi, di mana algoritma yang diterapkan untuk menambahkan invisible watermark adalah Discrete Wavelet Transform (DWT). Aplikasi ini dibangun menggunakan Visual Studio dengan pemrograman C# (C Sharp) sebagai bahasa yang digunakan. Citra digital yang dapat diolah dalam proses penambahan invisible watermark adalah citra dengan ekstensi .jpeg, sementara citra yang dihasilkan dengan watermark memiliki ekstensi .png.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan aplikasi ini maka diberikan saran :

1. Diharapkan untuk menambahkan teknik kriptografi untuk mengamankan pesan watermark sebelum ditambahkan pada citra digital.
2. Diharapkan untuk menambahkan format citra digital lainnya yang dapat diberi penambahan invisible watermark.
3. Diharapkan untuk penambahan media lainnya seperti audio dan video untuk dapat ditambahkan invisible watermark.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, N., & Salsabila, K. (2021). Sistem Informasi Pendataan Dan Penjualan Beras Study Kasus Rukun Jaya. *Jurnal Teknologi Dan Bisnis*, 3(1), 90–97. <https://doi.org/10.37087/jtb.v3i1.51>
- Amrullah. (2023). *Perbandingan Implementasi Interpolasi Nearest Neighbour Dan Bilinier Dalam Scaling Pada File Bitmap Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*. 6, 604–610.
- Ardiyanto, D. (2020). *Implementasi Metode Dwt (Discrete Wavelet Transform) Dan Metode Huffman Terhadap Kompresi Citra Digital Menggunakan Google Collaboratory*. 1–7.
- Asroni, O., & Ricardo Serumena, D. (2021). Pengamanan Hak Cipta Citra Digital dengan Teknik Watermarking Menggunakan Metode Hybrid SVD dengan DWT. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(11), 2145–2157. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i11.334>
- Darwis, D., & Pasaribu, A. F. O. (2020). Komparasi Metode Dwt Dan Svd Untuk Mengukur Kualitas Citra Steganografi. *Network Engineering Research Operation*, 5(2), 100–108.
- Endrawan, D., Studi, P., Elektro, T., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2023). Penerapan Discrete Wavelet Transform (Dwt) Pada Kompresi File Matroska Video (Mkv). *Science and Technology*.
- Fadjeri, A., Saputra, B. A., Adri Ariyanto, D. K., & Kurniatin, L. (2022).

- Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 20(2), 1. <https://doi.org/10.30646/sinus.v20i2.601>
- Fathiha, V. A. (2020). *Blind Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform (Dwt) Dan Singular Value Decomposition (Svd)*. 14(0822062), 125–134.
- Ghifary, A., Suhartono, E., & Safitri, I. (2021). Compressive Sensing Pada Image Watermarking Berbasis Dwt-Svd Dengan Rekonstruksi Basis Pursuit Denoising. *E-Proceeding of Engineering*, 8(6), 11502–11517.
- Ikromina, F. I., & Ujianto, E. I. H. (2019). Invisible Watermarking Citra Digital Menggunakan Kombinasi Metode Discrete Cosine Transform Dan Discrete Wavelet Transform. *JANAPATI : Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 8, 261–271.
- Malese, L. P. (2021). Penyembunyian Pesan Rahasia Pada Citra Digital dengan Teknik Steganografi Menggunakan Metode Least Significant Bit (LSB). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* <https://Jurnal.Unibrah.Ac.Id/Index.Php/JIWP>, 7(5), 343–354. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5563416>
- Maulida, K. (2020). Studi Komparasi Video Watermarking dengan Algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(3), 254–260. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n3.p254-260>
- Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, M. Y. (2020). Aplikasi Pengolahan

Citra Digital Untuk Identifikasi Umur Pohon. *Telematika*, 16(2), 97.

<https://doi.org/10.31315/telematika.v16i2.3183>

Nur'aini, S. (2019). Steganografi Pada Digital Image Menggunakan Metode Least Significant Bit Insertion. *Walisongo Journal of Information Technology*, 1(1),

73. <https://doi.org/10.21580/wjit.2019.1.1.4025>

Pregus, S., & Kurniawan, J. (2023). Rancangan Augmented Reality Dalam Pembelajaran Bahasa Berbasis Android. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi*, 5(3), 204–208.

Rahmalia, I. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Kombinasi Nearest Neighbour Interpolation Dan Singular Value Decomposition Pada Image To Image Watermarking. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi*, 1(1), 281–287.

Rahman, N. Z., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2020). *Optimasi File Audio Dengan Metode Discrete Wavelet Transform (Dwt) Untuk Kompresi Dan Butterworth Filter Untuk Mengurangi Noise.*

Rianti, M. (2022). *Perbandingan Metode Steganografi DCT Dan DWT Pada Berkas Video Mp4.*

<https://repository.uir.ac.id/10605/%0Ahttps://repository.uir.ac.id/10605/1/143510403.pdf>

Rizal, Rosnita, L., & Ikramina. (2023). Sistem Pengenalan Naghham Adzan Melalui Suara Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan Mellin Transform. *TECHSI:*, 10(2).

Rosidin, Sugiantoro, B., & Prayudi, Y. (2018). Analisis Pendeteksi Kecocokan

- Objek Pada Citra Digital Dengan Metode Algoritma Sift Dan Histogram Color Rgb. *Cyber Security Dan Forensik Digital*, 1(1), 20–27. <https://doi.org/10.14421/csecurity.2018.1.1.1235>
- Sulistiyawan, V. N., Andrasto, T., Fathoni, K., Setiyani, H. D., Azizah, N. R., Adnan, F., & Prasetyo, Y. (2023). Pengaruh Serangan LPF pada Audio Watermarking dengan Metode DWT-Histogram Terhadap Performa BER. *Techno.Com*, 22(4), 812–821. <https://doi.org/10.33633/tc.v22i4.8850>
- Sumiah, A., & Alfian, Y. (2021). Implementasi Watermarking pada Citra Digital dengan Metode Singular Value Decomposition (svd). *JEJARING : Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.25134/jejaring.v6i1.6720>
- Syahputra, R. E. (2019). Perancangan Aplikasi Perbandingan Deteksi Tepi Dalam Citra Digital Dengan Metode Edge Detection Linking Dan Sobel. *Informatika, Jurnal Pelita*, 18(2301–9425), 62–68.
- Tanjung, M. A. P. T. (2019). Klasifikasi Kategori Citra Digital Dengan Metode Bag Of Visual Words. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, V(2), 153 – 160.