

**IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMAKING BERBASIS  
EDGE DETECTION (DETEKSI TEPI) MENGGUNAKAN  
METODE LSB DAN ALGORITMA ARNOLD CAT MAP**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi S1 Teknik Komputer



disusun oleh

**Rayyan Abdie Azzaky**

**22.83.0811**

Kepada

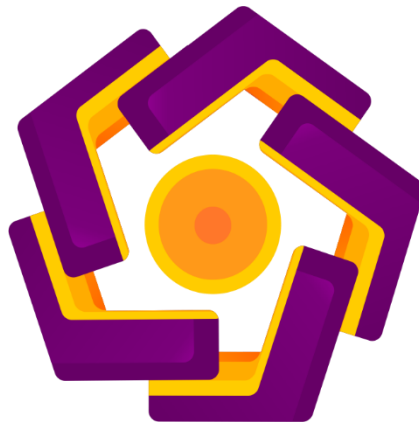
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2026**

**IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMARKING BERBASIS  
EDGE DETECTION (DETEKSI TEPI) MENGGUNAKAN  
METODE LSB DAN ALGORITMA ARNOLD CAT MAP**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi S1 Teknik Komputer



disusun oleh

**Rayyan Abdie Azzaky**

**22.83.0811**

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2026**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMARKING BERBASIS EDGE  
DETECTION (DETEKSI TEPI MENGGUNAKAN METODE LSB DAN  
ALGORITMA ARNOLD CAT MAP**

yang disusun dan diajukan oleh

**Rayyan Abdie Azzaky**

**22.83.0811**

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi  
pada tanggal 02 Maret 2026

Dosen Pembimbing,

**Dr. Dony Arivus, S.S., M.Kom.**  
**NIK, 190302128**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMARKING BERBASIS EDGE  
DETECTION (DETEKSI TEPI MENGGUNAKAN METODE LSB DAN**

**ALGORITMA ARNOLD CAT MAP**

yang disusun dan diajukan oleh

**Rayyan Abdie Azzaky**

**22.83.0811**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal 02 Maret 2026

**Susunan Dewan Penguji**

**Nama Penguji**

**Tanda Tangan**

**Alva Hendi Muhammad, A.Md., S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIK. 190302493**



**Rina Pramitasari, S.Si., M.Cs.**  
**NIK. 190302335**



**Dr. Dony Ariyus, S.S., M.Kom.**  
**NIK. 190302128**



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Tanggal 02 Maret 2026

**DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER**



**Prof. Dr. Kusriani, M.Kom.**  
**NIK. 190302106**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Rayyan Abdie Azzaky

NIM : 22.83.0811

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

### **IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMARKING BERBASIS EDGE DETECTION (DETEKSI TEPI) MENGGUNAKAN METODE LSB DAN ALGORITMA ARNOLD CAT MAP**

Dosen Pembimbing : Dr. Dony Ariyus, S

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 02 Maret 2026

Yang Menyatakan,



Rayyan Abdie Azzaky

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, dan utusan-Nya Nabi besar Muhammad SAW. Karena telah berhasil menyelesaikan Tugas akhir ini.

Saya persembahkan Tugas akhir ini untuk :

- Bunda dan Ayah tercinta yang tak henti-hentinya mendo'akan, merawat, memberi semangat, serta mebesarkan saya dengan penuh kasih sayang.
- Untuk keluarga dan saudara saya terimakasih atas dukungan dan do'anya selama ini.
- Untuk keluarga dan saudara saya terimakasih atas dukungan dan do'anya selama ini.
- Untuk teman-teman terimakasih atas do'a dan dukungannya selama ini .
- Dosen Universitas Amikom Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama menempuh kuliah

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala. Atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "IMPLEMENTASI INVISIBLE WATERMARKING BERBASIS EDGE DETECTION (DETEKSI TEPI) MENGGUNAKAN METODE LSB DAN ALGORITMA ARNOLD CAT MAP". Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan penulis kesempatan, kesehatan, dan kemudahan dalam menyelesaikan studi di perguruan tinggi ini.

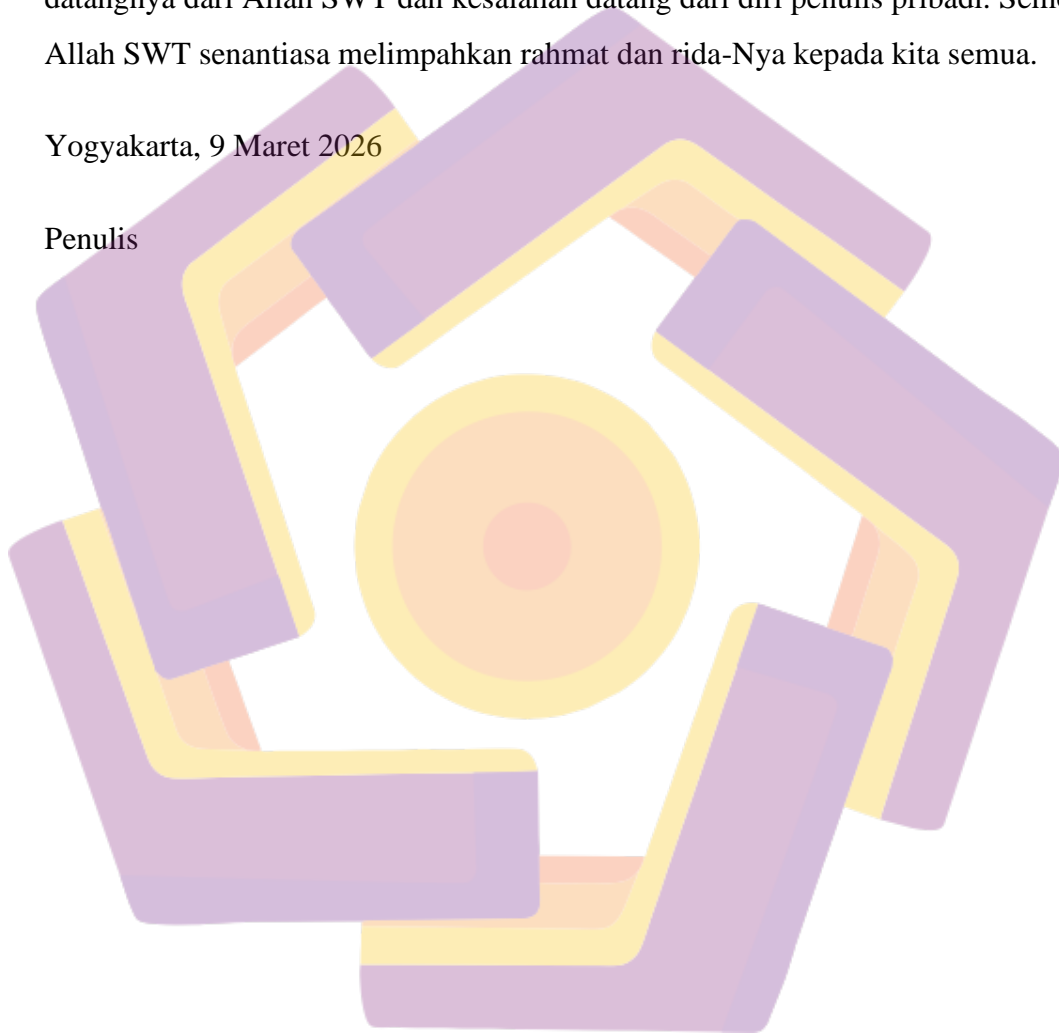
Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasihat dari berbagai pihak selama masa penyusunan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara tercinta yang senantiasa mendoakan, melimpahkan kasih sayang, serta selalu memberikan nasihat, motivasi, bimbingan, dan dukungan tanpa henti. Tanpa mereka, penulis bukanlah apa-apa.
2. Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas bagi penulis dalam menempuh pendidikan di universitas ini.
3. Bapak Dr. Dony Ariyus, S.S., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran selama proses penyusunan hingga penyelesaian naskah skripsi ini.
4. Seluruh teman dan sahabat yang selalu menemani dan telah memberikan dukungan penuh kepada penulis.
5. Semua pihak lain yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna dan masih terdapat kekurangan maupun kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf yang sedalam-dalamnya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Kebenaran semata-mata datangnya dari Allah SWT dan kesalahan datang dari diri penulis pribadi. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan rida-Nya kepada kita semua.

Yogyakarta, 9 Maret 2026

Penulis



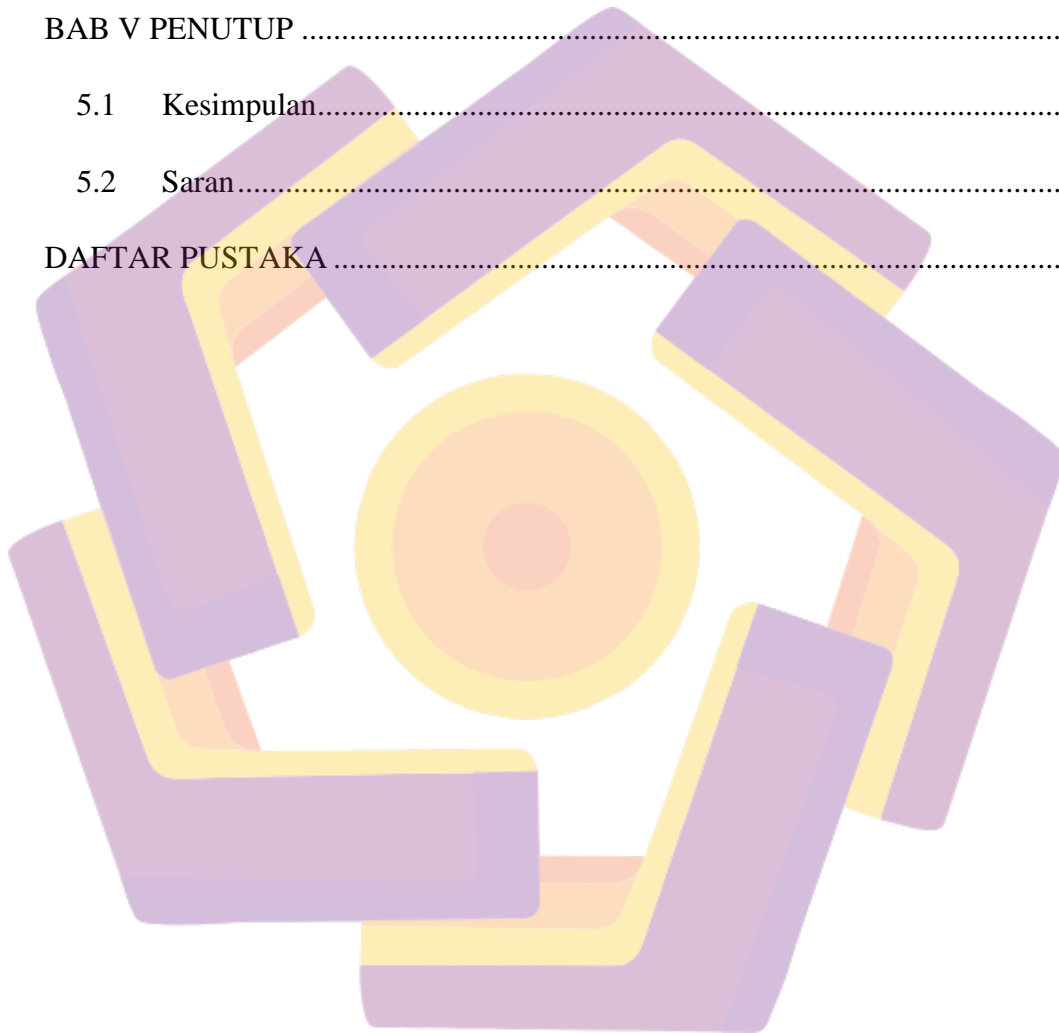
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xv
DAFTAR ISTILAH .....	xvi
INTISARI .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5

2.1	Studi Literatur .....	5
2.2	Citra Digital dan LSB.....	8
2.2.1	Citra Digital .....	8
2.2.2	Metode Least Significant Bit (LSB) .....	8
2.3	Deteksi Tepi Canny .....	9
2.3.1	Gaussian Smoothing (Penghalusan Citra) .....	9
2.3.2	Gradient Calculation (Perhitungan Gradien) .....	10
2.3.3	Non-maximum Suppression (Penipisan Tepi) .....	11
2.3.4	Hysteresis Thresholding (Ambang Batas Histeresis).....	12
2.4	Arnold Cat Map (ACM) .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>15</b>
3.1	Objek Penelitian .....	15
3.2	Alur Penelitian.....	15
3.2.1	Proses Penyisipan Watermark.....	16
3.2.2	Proses Ekstraksi dan Evaluasi.....	18
3.2.3	Materi Pengujian.....	20
3.3	Perancangan Algoritma dan Arsitektur Sistem.....	20
3.3.1	Pipeline Penyisipan (Embedding Pipeline).....	21
3.3.2	Pipeline Ekstraksi (Extraction Pipeline) .....	22
3.4	Perancangan Tahapan Algoritma Sistem .....	23
3.4.1	Proses Penyisipan Watermark.....	23
3.4.2	Proses Ekstraksi dan Evaluasi.....	24

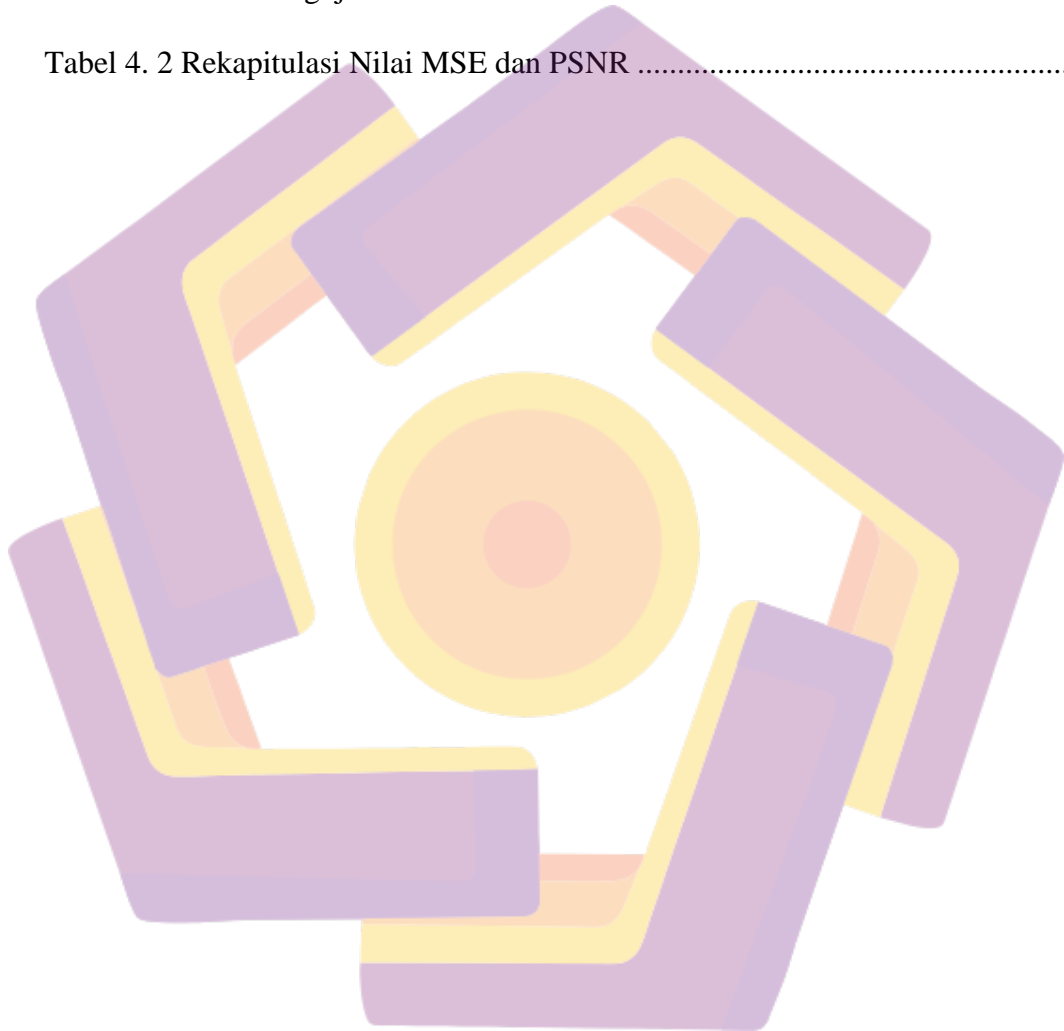
3.5	Alat dan Bahan .....	25
3.5.1	Alat.....	25
3.5.2	Bahan .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
4.1	Implementasi Antarmuka Sistem .....	27
4.1.1	Tampilan Halaman Utama ( <i>Dashboard</i> ).....	27
4.1.2	Implementasi Menu Penyisipan ( <i>Embedding</i> ).....	28
4.1.3	Tampilan Hasil Penyisipan dan Evaluasi Kualitas .....	29
4.1.4	Implementasi Menu Ekstraksi ( <i>Extraction</i> ) .....	29
4.1.5	Hasil Ekstraksi Watermark .....	30
4.2	Pengujian Sistem.....	31
4.2.1	Pengujian Fungsionalitas ( <i>Black Box Testing</i> ).....	31
4.2.2	Pengujian Kualitas Citra ( <i>Imperceptibility</i> ).....	33
4.2.3	Validasi Perhitungan Manual.....	35
4.2.4	Pengujian Batasan Kapasitas Penyisipan ( <i>Payload Capacity</i> ).....	38
4.3	Analisis Keamanan ( <i>Security Analysis</i> ).....	38
4.3.1	Skenario Pengujian Kunci Valid.....	39
4.3.2	Skenario Pengujian Kesalahan Kunci P.....	39
4.3.3	Skenario Pengujian Kesalahan Jumlah Iterasi (N).....	40
4.4	Implementasi Kode Program.....	40
4.4.1	Kode Fungsi Arnold Cat Map.....	40
4.4.2	Kode Fungsi Deteksi Tepi dan Penyisipan .....	41

4.5	Pembahasan .....	42
4.5.1	Peran Deteksi Tepi ( <i>Edge Detection</i> ) dalam <i>Imperceptibility</i> .....	42
4.5.2	Efektivitas Enkripsi Arnold Cat Map .....	42
4.5.3	Keterbatasan Sistem.....	43
BAB V PENUTUP .....		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....		49



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian .....	6
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Black Box .....	32
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Nilai MSE dan PSNR .....	35



## DAFTAR GAMBAR

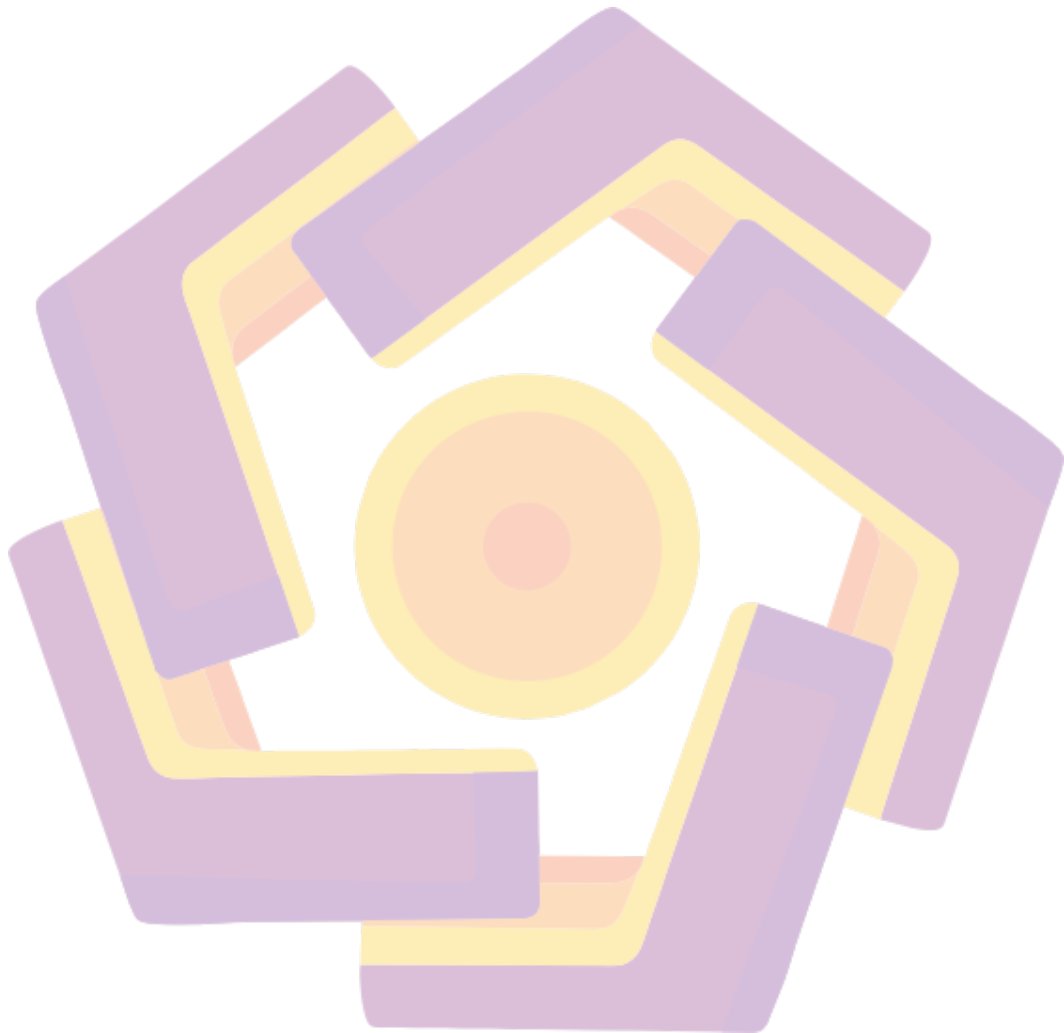
Gambar 2. 1 Contoh Hasil Gaussian Smoothing .....	10
Gambar 2. 2 Contoh Hasil Gradient Calculation .....	11
Gambar 2. 3 Contoh Hasil Non-maximum Suppression .....	12
Gambar 2. 4 Contoh Hasil Hysteresis Thresholding.....	13
Gambar 3. 1 Alur Proses Penyisipan Watermark .....	16
Gambar 3. 2 Alur Proses Ekstraksi dan Evaluasi Watermark .....	18
Gambar 3. 3 Pipeline Alur Penyisipan.....	21
Gambar 3. 4 Pipeline Alur Ekstraksi	
Gambar 3. 5 Pipeline Alur Penyisipan .....	21
Gambar 3. 6 Pipeline Alur Ekstraksi .....	22
Gambar 3. 7 Pipeline Alur Ekstraksi .....	22
Gambar 4. 1 Tampilan Halaman Utama (Dashboard) Sistem .....	27
Gambar 4. 2 Pengisian Form Penyisipan dan Parameter Kunci ACM .....	28
Gambar 4. 3 Tampilan Hasil Penyisipan dan Metrik PSNR.....	29
Gambar 4. 4 Implementasi Menu Ekstraksi Watermark.....	30
Gambar 4. 5 Hasil Ekstraksi Watermark yang Berhasil .....	30
Gambar 4. 6 Perbandingan Citra Asli dan Stego (Lena).....	33
Gambar 4. 7 Perbandingan Citra Asli dan Stego (Baboon).....	34
Gambar 4. 8 Perbandingan Citra Asli dan Stego (Peppers).....	34
Gambar 4. 9 Proses penyisipan citra langit biru .....	39
Gambar 4. 10 Hasil Ekstraksi dengan Kunci Valid .....	39

Gambar 4. 11 Hasil Ekstraksi dengan Kesalahan Nilai P .....39

Gambar 4. 12 Hasil Ekstraksi dengan Kesalahan Iterasi (N).....40

Gambar 4. 13 Implementasi Fungsi Arnold Cat Map.....41

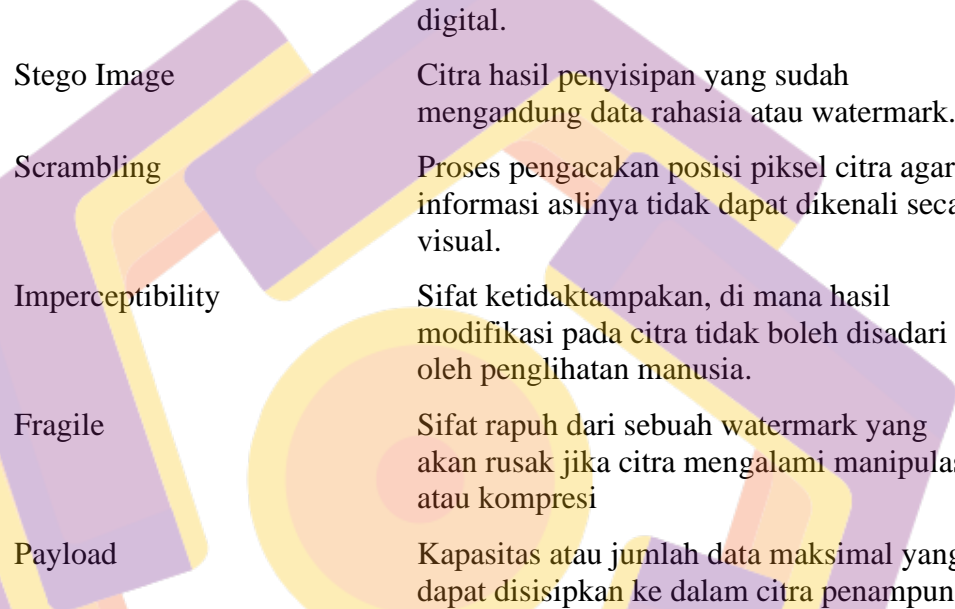
Gambar 4. 14 Implementasi Logika Embedding LSB pada Area Tepi .....41



## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

LSB	Bit paling tidak signifikan
ACM	Algoritma pengacakan citra
PSNR	Ukuran kualitas citra
MSE	Rata-rata kuadrat kesalahan
HVS	Sistem penglihatan manusia
SSIM	Metrik kemiripan struktur citra
NCC / NC	Metrik validasi ketahanan watermark
ROI	Area tertentu pada citra yang menjadi fokus
$f(x, y)$	Fungsi citra digital dalam koordinat spasial $x$ dan $y$ .
$x', y'$	Koordinat baru piksel setelah proses pengacakan ACM
$p, q$	Parameter bilangan bulat positif yang berfungsi sebagai kunci rahasia pada ACM.
$N$	Dimensi lebar atau tinggi citra.
$T$	Periode Arnold
$G_x, G_y$	Turunan parsial horizontal dan vertikal pada perhitungan gradien tepi.

## DAFTAR ISTILAH



Invisible Watermarking	Teknik penyisipan informasi (tanda air) ke dalam media digital yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia secara langsung.
Edge Detection	Proses algoritma untuk mendeteksi garis tepi atau kontur pada sebuah objek di dalam citra digital.
Stego Image	Citra hasil penyisipan yang sudah mengandung data rahasia atau watermark.
Scrambling	Proses pengacakan posisi piksel citra agar informasi aslinya tidak dapat dikenali secara visual.
Imperceptibility	Sifat ketidaktampakan, di mana hasil modifikasi pada citra tidak boleh disadari oleh penglihatan manusia.
Fragile	Sifat rapuh dari sebuah watermark yang akan rusak jika citra mengalami manipulasi atau kompresi
Payload	Kapasitas atau jumlah data maksimal yang dapat disisipkan ke dalam citra penampung.

## INTISARI

Penelitian ini mengimplementasikan sistem *invisible watermarking* hibrida menggunakan metode *Least Significant Bit* (LSB), *Canny Edge Detection*, dan *Arnold Cat Map* (ACM) untuk perlindungan hak cipta citra digital. Penggunaan deteksi tepi bertujuan meningkatkan imperseptibilitas dengan menyisipkan data hanya pada area bertekstur kompleks yang kurang sensitif bagi penglihatan manusia. Sebelum disisipkan, watermark diacak menggunakan ACM untuk menjamin keamanan data. Sistem berbasis web ini diuji pada citra standar (Lena, Baboon, Peppers) dan menghasilkan nilai rata-rata PSNR sebesar **69,33 dB**, jauh melampaui standar kualitas 40 dB. Uji keamanan membuktikan watermark hanya dapat diekstraksi jika kunci (P, Q, N) tepat. Meskipun unggul dalam kualitas visual dan kerahasiaan, sistem ini bersifat *fragile* terhadap kompresi JPEG dan manipulasi geometri.

**Kata Kunci:** *Invisible Watermarking*, LSB, *Canny Edge Detection*, *Arnold Cat Map*.

## **ABSTRACT**

*This research implements a hybrid invisible watermarking system using Least Significant Bit (LSB), Canny Edge Detection, and Arnold Cat Map (ACM) for digital copyright protection. Edge detection is utilized to enhance imperceptibility by embedding data only in complex-textured areas. Watermarks are scrambled via ACM prior to embedding to ensure data confidentiality. Tested on standard images (Lena, Baboon, Peppers), the web-based system achieved an average PSNR of **69.33 dB**, significantly exceeding the 40 dB quality threshold. Security analysis confirms that watermarks are only recoverable with the correct (P, Q, N) keys. While excelling in visual quality and security, the system remains fragile against JPEG compression and geometric manipulation.*

**Keywords:** *Invisible Watermarking, LSB, Canny Edge Detection, Arnold Cat*

