

Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode *Pixel Value Differencing* (PVD) dan Enkripsi *Rivest Shamir Adleman* (RSA) untuk Keamanan Pesan Teks Berbasis *Mobile*

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Pendidikan
Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Rizq Nuzul Haq
NIM : 09021282025058

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

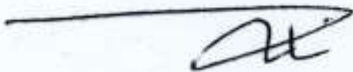
LEMBAR PEGESAHAN SKRIPSI

Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode *Pixel Value Differencing* (PVD) dan Enkripsi *Rivest Shamir Adleman* (RSA) untuk Keamanan Pesan Teks Berbasis *Mobile*

Oleh :

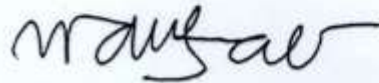
Rizq Nuzul Haq
NIM: 09021282025058

Pembimbing I



Osvari Arsalan, S.Kom., M.T.
NIP. 198806282018031001

Palembang, 20 Desember 2023
Pembimbing II



M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari Senin tanggal 18 Desember 2023 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Rizq Nuzul Haq
NIM : 09021282025058
Judul : Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode *Pixel Value Differencing* (PVD) dan Enkripsi *Rivest Shamir Adleman* (RSA) untuk Keamanan Pesan Teks Berbasis *Mobile*

dan dinyatakan **LULUS**.

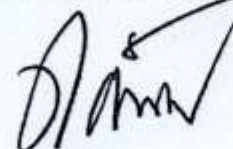
1. Ketua Penguji

Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199001092019031012



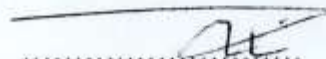
2. Penguji

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003



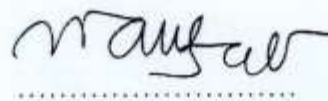
3. Pembimbing I

Osvari Arsalan, S.Kom., M.T.
NIP. 198806282018031001



4. Pembimbing II

M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syharini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizq Nuzul Haq

NIM : 09021282025058

Program Studi : Teknik Informatika Reguler

Judul : Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode *Pixel Value Differencing* (PVD) dan Enkripsi *Rivest Shamir Adleman* untuk Keamanan Pesan Teks Berbasis *Mobile*

Hasil pengecekan Turnitin : 11%

Menyatakan bahwa laporan skripsi saya merupakan karya saya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan dalam laporan skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi dari Akademik Universitas Sriwijaya dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 20 Desember 2023



Rizq Nuzul Haq
NIM. 09021282025058

MOTTO

“Jangan pernah putus asa, karena sesungguhnya Allah SWT tidak akan menguji seseorang melebihi kemampuannya.”

Kupersembahkan karya ini kepada:

- Allah SWT
- Orangtua dan Keluarga
- Teman Seperjuangan

**RGB Image Steganography Using Pixel Value Differencing Method (PVD)
and Rivest Shamir Adleman (RSA) Encryption to Secure Text Message
Based on Mobile**

**Rizq Nuzul Haq
09021282025058**

ABSTRACT

The aim of this research is to embed encrypted text messages into RGB-formatted images. Altering and concealing data are conducted to safeguard the original meaning of information from unauthorized access. The encryption method employed for the messages is Rivest Shamir Adleman (RSA), while Pixel Value Differencing (PVD) is utilized to embed information bits into images using the difference between neighboring pixel values. The dataset comprises 50 RGB images and several texts of varying lengths as the information to be embedded. Images with more pixel value differences equal to the sum of the lower limit of color values plus the decimal value of the inserted bits demonstrate superior image quality by allowing bit insertion without altering the image's pixel values.

Keywords : *Steganography, PVD, RSA, PSNR, Security*

**Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode *Pixel Value Differencing*
(PVD) dan Enkripsi *Rivest Shamir Adleman* (RSA) untuk Keamanan Pesan
Teks Berbasis *Mobile***

Rizq Nuzul Haq

09021282025058

ABSTRAK

Menyisipkan pesan teks yang telah dienkripsi ke dalam citra berformat RGB merupakan tujuan dari penelitian ini. Perubahan data dan penyembunyian data dilakukan demi menjaga makna asli suatu informasi dari pihak yang tidak berwenang. Metode yang digunakan untuk mengenkripsi pesan ialah *Rivest Shamir Adleman* (RSA) dan metode *Pixel Value Differencing* (PVD) digunakan untuk menyisipkan bit informasi ke dalam citra dengan menggunakan selisih dari nilai piksel yang berdekatan. Dataset yang digunakan merupakan citra dengan format RGB sebanyak 50 citra dan beberapa teks dengan panjang yang berbeda sebagai informasi yang akan disisipkan. Citra yang memiliki lebih banyak selisih nilai piksel sama dengan jumlah batas bawah nilai warna ditambah dengan nilai desimal bit yang disisipkan memiliki kualitas gambar yang lebih bagus karena memungkinkan untuk menyisipkan bit tanpa mengubah nilai piksel gambar tersebut.

Kata Kunci : Steganografi, PVD, RSA, PSNR, Keamanan

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan hidayah, rahmat, berkat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “**Steganografi Citra RGB Menggunakan Metode Pixel Value Differencing (PVD) dan Enkripsi Rivest Shamir Adleman (RSA) untuk Keamanan Pesan Teks Berbasis Mobile**” tepat pada waktunya.

Untuk selanjutnya penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala yang telah memberukan hamba keimanan, kecerdasan, kesehatan, kelancaran dan kemudahan sehingga hamba dapat menyelesaikan tugas-tugas hamba sebagai seorang mahasiswa.
2. Nabi Muhammad Shalallahu’Alaihi Wa Sallam yang telah menunjukkan jalan kebenaran dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada umatnya atas izin Allah SWT.
3. Ayah, Ibu dan Kakak - Kakak tersayang, yang tak henti-hentinya mendoakan penulis agar selalu diberi kemudahan dan terus membimbing, memberikan penulis semangat di tiap harinya, serta selaku motivator nyata hidup penulis.
4. Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
5. Ibu Alvi Syahrini Utami. M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Osvari Arsalan, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi.
7. Bapak Muhammad Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi.
8. Teman-teman seperjuanganku yang selalu saling memberikan dukungan satu sama lain, serta saling membantu dalam proses pembuatan laporan Skripsi.

Palembang, 20 Desember 2023

Penyusun,



Rizq Nuzul Haq

NIM. 09021282025058

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PEGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB 1	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan masalah.....	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Batasan Masalah.....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-6
BAB II.....	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Kriptografi.....	II-1
2.2.2 Steganografi	II-2
2.2.3 Citra RGB	II-2
2.2.4 PVD.....	II-3
2.2.5 RSA.....	II-3
2.2.6 MSE	II-4
2.2.7 PSNR.....	II-4
2.2.8 RUP	II-5
2.3 Penelitian Sebelumnya	II-7
2.4 Kesimpulan.....	II-8
BAB III	III- 1
3.1 Pendahuluan	III-1

3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis Data	III-1
3.2.2	Sumber Data.....	III-1
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-1
3.3.1	Menetapkan Kerangka Kerja.....	III-2
3.3.2	Menetapkan Kriteria Pengujian.....	III-2
3.3.3	Menentukan Format Data Pengujian.....	III-3
3.3.4	Menentukan Alat yang digunakan dalam Penelitian.....	III-3
3.3.5	Melakukan Pengujian Peneletian	III-4
3.3.6	Analisis Hasil Penelitian dan Kesimpulan	III-5
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-5
3.5	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-6
3.6	Kesimpulan.....	III-6
BAB IV		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Fase Insepsi	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2	Kebutuhan Sistem	IV-2
4.2.3	Diagram Use Case.....	IV-2
4.2.4	Wireframe.....	IV-6
4.3	Fase Elaborasi.....	IV-7
4.3.1	Activity Diagram.....	IV-7
4.3.2	Sequence Diagram	IV-11
4.3.3	Membuat Interface	IV-12
4.4	Fase Konstruksi	IV-14
4.4.1	Kebutuhan Sistem	IV-15
4.4.2	Class Diagram	IV-15
4.4.3	Implementasi Kelas	IV-16
4.5	Fase Transisi	IV-16
4.5.1	Melakukan Testing	IV-17
4.6	Kesimpulan.....	IV-19
BAB V.....		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Percobaan	V-1
5.3	Konfigurasi Pengujian	V-6
5.4	Data Hasil pengujian	V-6
5.5	Analisis Penelitian	V-8
5.6	Kesimpulan.....	V-11
BAB VI		VI-1
6.1	Kesimpulan.....	VI-1

6.2	Saran.....	VI-1
	DAFTAR PUSTAKA.....	xv
	LAMPIRAN.....	xvii

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel III- 1. Format Pengujian Kualitas <i>Stegoimage</i>	III-3
Tabel III- 2. Format Tabel Pengujian Kapasitas Maksimum Payload.....	III-3
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional	IV-2
Tabel IV- 3. Tabel Defenisi Aktor	IV-3
Tabel IV- 4. Table Defenisi <i>Use Case</i>	IV-3
Tabel IV- 5. Tabel scenario <i>Use Case Hide Text</i>	IV-4
Tabel IV- 6. Tabel Skenario <i>Use Case PSNR Value</i>	IV-5
Tabel IV- 7. Tabel scenario <i>Use Case Extract Text</i>	IV-5
Tabel IV- 8. Implementasi Kelas	IV-16
Tabel IV- 9. Tabel Rencana Pengujian	IV-17
Tabel IV- 10. Tabel Implementasi dari Rencana Pengujian	IV-17
Tabel V- 1. Kode Program Enkripsi dan Dekripsi.....	V-1
Tabel V- 2. Kode Program Pembangkitan Kunci Enkripsi	V-2
Tabel V- 3. Kode Program Pembangkitan Kunci Dekripsi	V-3
Tabel V- 4. Tabel Pengujian Kualitas <i>Stegoimage</i>	V-7
Tabel V- 5. Tabel Pengujian Kapasitas Maksimal <i>Payload</i>	V-7

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II- 1. Ruang Warna RGB	II- 3
Gambar II- 2. Fase RUP	II-4
Gambar III - 1. Proses Enkripsi, <i>Encode</i> , <i>Decode</i> dan Dekripsi	III-4
Gambar IV-1. Diagram Use Case.....	IV-3
Gambar IV- 2. <i>Wireframe</i> Aplikasi Cipher Cloak	IV-7
Gambar IV- 3. <i>Hide Text Activity Diagram</i>	IV-8
Gambar IV- 4. <i>PNSR Value Activity Diagram</i>	IV-9
Gambar IV- 5. <i>Extract Text Activity Diagram</i>	IV-10
Gambar IV- 6. <i>Sequence Diagram</i> Proses <i>Hide Text</i>	IV-11
Gambar IV- 7. <i>Sequence Diagram</i> Proses Menghitung PSNR	IV-12
Gambar IV- 8. <i>Sequence Diagram</i> Proses <i>Extract Text</i>	IV-12
Gambar IV- 9. Tampilan Halaman Utama.....	IV-13
Gambar IV- 10. Tampilan Halaman <i>Hide Text</i>	IV-13
Gambar IV- 11. Tampilan Halaman PSNR	IV-14
Gambar IV- 12. Tampilan Halaman <i>Extract Text</i>	IV-14
Gambar IV- 13. <i>Class Diagram</i> Aplikasi Cipher Cloak.....	IV-15
Gambar V- 1. Hasil Penyisipan Pesan Teks.....	V-4
Gambar V- 2. Hasil Ekstrak Pesan Teks.....	V-5
Gambar V- 3. Hasil Pengujian PSNR.....	V-6
Gambar V- 4. Nilai MSE.....	V-8
Gambar V- 5. <i>Stegoimage</i> Gambar 9.jpg	V-9
Gambar V- 6. <i>Stegoimage</i> Gambar 14.jpg	V-9
Gambar V- 7. <i>Stegoimage</i> Gambar 3.jpg	V-9
Gambar V- 8. <i>Stegoimage</i> Gambar 16.jpg	V-10
Gambar V- 9. <i>Stegoimage</i> Gambar 29.jpg	V-10
Gambar V- 10. <i>Stegoimage</i> Gambar 31.jpg	V-10
Gambar V- 11. <i>Stegoimage</i> Gambar 32.jpg.....	V-10
Gambar V- 12. <i>Stegoimage</i> Gambar 47.jpg	V-11
Gambar V- 13. Perbandingan PSNR	V-11

DAFTAR ISTILAH

PVD : *Pixel Value Differencing*
RSA : *Rives Shamir Adleman*
RAM : *Random Access Memory*
CPU : *Central Processing Unit*
RUP : *Rational Unified Process*
MSE : *Mean Squared Error*
PSNR : *Peak Signal-to-Noise Ratio*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab pendahuluan akan menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan dan kesimpulan.

1.2 Latar Belakang

Pengguna internet merupakan orang yang menggunakan jaringan untuk terhubung dengan dunia luar secara digital. Di era digital seperti saat ini terdapat banyak orang yang telah menggunakan internet, bahkan jarang sekali untuk menemukan orang yang tidak menggunakan internet. Internet menjadi salah satu media komunikasi yang berkembang dengan pesat didunia dengan segala kemudahan yang ditawarkannya. Semakin maraknya pengguna internet, tentu banyak diantara mereka yang tidak paham dengan apa yang mereka lakukan, mereka hanya menggunakan fasilitas internet untuk memenuhi kebutuhannya. Pengguna internet awam menjadi target bagi para *attacker* untuk melakukan pencurian atau pembajakan. Karena itulah muncul sebuah mekanisme yang digunakan untuk melindungi data dari pembajakan dan penyadapan oleh pihak yang tidak berwenang.

Kriptografi memberikan solusi untuk mempertahankan kerahasiaan informasi atau data ketika dikirimkan dari satu pihak ke pihak lain. Dengan menggunakan algoritma enkripsi tertentu, sebuah pesan dapat dirubah bentuknya

sehingga tidak dapat dipahami oleh pihak yang tidak berwenang. Namun bentuk dari informasi yang telah di enkripsi dapat menarik penyadap untuk tetap melakukan tindakannya. Terdapat banyak algoritma kriptografi yang bisa digunakan untuk mengamankan suatu data. Salah satu metode kriptografi yang dapat digunakan ialah algoritma kriptografi *Rivest Shamir Adleman*(RSA) (Agustina, n.d.). metode ini menggunakan 2 kunci yaitu kunci *public* dan kunci *private*, untuk membuat 2 kunci tersebut dibutuhkan 2 angka prima yang berbeda. Mencari 2 kemungkinan angka prima sangat mudah, tetapi mencari faktor primanya sangat sulit (Chen and Ye, 2022). Steganografi merupakan solusi yang tepat dalam merahasiakan pesan yang telah di enkripsi, karena informasi rahasia akan di sisipkan ke media lain atau media pembawa agar informasi sulit untuk dideteksi dan meminimalisir kecurigaan. Media pembawa dapat berupa video, gambar, audio, teks, dan sebagainya. Media yang sering digunakan dalam penelitian steganografi ialah citra *grayscale*, citra berwarna dan bitmap.

Metode steganografi seperti *Least Significant Byte*(LSB), *Pixel Value Differencing*(PVD) dan *Discrete Cosine Transform*(DCT) adalah metode-metode yang dapat digunakan untuk menyisipkan pesan pada media pembawa. Metode LSB bekerja dengan cara memodifikasi bit yang tidak berpengaruh besar dari beberapa pixel gambar untuk memasukkan pesan (Martín et al., 2023). LSB merupakan metode yang ringkas dan mudah digunakan dikembangkan pertama kali untuk steganografi citra (Setiadi et al., 2023). Namun LSB sangat rapuh apabila terjadi manipulasi atau distorsi pada gambar. Metode ini juga mudah ditebak apabila *stego image*(citra hasil dari pesan yang telah disisipkan pada citra

pembawa) telah terdeteksi. *Discrete Cosine*(DCT) merupakan transformasi yang populer dalam penelitian pengamanan pesan. DCT memberi kekokohan yang lebih, akan tetapi distorsi pada gambar menjadi lebih besar, dan *embedding capacity*-nya lebih kecil dari metode yang digunakan pada *spatial domain* (Setiadi et al., 2023). Pixel Value Differencing (PVD) merupakan salah satu algoritma yang berdasarkan *spatial domain*, metode ini menghitung selisih pada pixel yang berdekatan serta metode ini ditujukan untuk citra *grayscale* (Muralidharan et al., 2022). Keunggulan metode ini adalah menghasilkan *stego image* yang memiliki kapasitas lebih kecil dari ukuran gambar asli sebelum disisipkan pesan, waktu proses pada metode ini cukup cepat dan gambar yang telah disisipkan pesan memiliki kualitas yang baik.

Algoritma LSB rentan terkena serangan berbahaya dan informasi rahasia yang disembunyikan dapat dideteksi menggunakan *effective statistical tool* (Li and He, 2018) dan algoritma DCT yang memiliki *embedding capacity* yang kecil serta memiliki distorsi yang lebih besar maka algoritma Pixel Differencing merupakan metode yang tepat untuk diimplementasikan pada perangkat *mobile* karena waktu proses metode ini cukup cepat dan tetap menghasilkan kualitas yang baik.

Pada penelitian ini *Pixel Value Differencing* (PVD) akan diterapkan untuk menyisipkan pesan rahasia kedalam citra RGB supaya saat dideteksi dengan *peak signal to noise ratio* (PSNR) *measuring tools* memiliki nilai desibel yang bagus.

1.3 Rumusan masalah

1. Seberapa besar ukuran pesan teks yang dapat dimasukkan ke dalam gambar.
2. Bagaimana cara menyembunyikan pesan teks dengan baik menggunakan metode PVD dan enkripsi RSA.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Melakukan perhitungan terhadap kapasitas ukuran pesan teks yang dapat dimasukkan ke dalam gambar.
2. Mengembangkan program yang dapat mengimplementasikan metode RSA untuk enkripsi dan metode PVD untuk menyisipkan pesan teks kedalam gambar.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui kapasitas maksimum dari pesan teks yang dapat dimasukkan ke dalam gambar.
2. Menghasilkan aplikasi steganografi citra yang mengimplementasikan metode PVD dan metode enkripsi RSA.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Stegoimage* merupakan citra berekstensi (.png).
2. Metode yang digunakan PVD untuk steganografi dan RSA untuk enkripsi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi ini berdasarkan dengan format standar penulisan proposal skripsi yang telah ditetapkan oleh Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, yaitu sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab 2 akan membahas dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian seperti Kriptografi, Steganografi, Citra Digital, MSE, PSNR, *Pixel Value Differencing*(PVD), *Rivest Shamir Adleman*(RSA) dan *Rational Unified Process* serta penelitian lain yang relevan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Masing-masing rencana tahapan penelitian dideskripsikan dengan rinci dengan mengacu pada suatu kerangka kerja. Di akhir bab ini berisi perancangan manajemen proyek pada pelaksanaan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini akan membahas tahapan yang dilakukan dalam pengembangan perangkat lunak. Di akhir bab ini berisi kesimpulan dari

hasil pengembangan perangkat lunak dengan menggunakan metode yang pilih.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini akan membahas hasil dari pengembangan perangkat lunak yang telah dibahas pada bab iv. Dan menganalisis data yang dihasilkan dari percobaan yang dilakukan. Di akhir bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan terhadap data.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan membahas mengenai kesimpulan keseluruhan dari hasil penelitian serta memberikan saran mengenai apa yang bisa dikembangkan dari penelitian ini.

1.8 Kesimpulan

Bab pendahuluan ini telah menjelaskan secara umum mengenai penelitian yang akan dilakukan, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah hingga sistematika penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, A.N., n.d. PENGAMANAN DOKUMEN MENGGUNAKAN METODE RSA (RIVEST SHAMIR ADLEMAN)BERBASIS WEB.

Bhaskar, R., Hegde, G., Vaya, P.R., 2012. An efficient hardware model for RSA Encryption system using Vedic mathematics. *Procedia Engineering* 30, 124–128. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.842>

Chen, Z., Ye, G., 2022. An asymmetric image encryption scheme based on hash SHA-3, RSA and compressive sensing. *Optik* 267, 169676. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169676>

Kanagala, P., 2023. Implementing cryptographic-based DH approach for enterprise network. *Optik* 272, 170252. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.170252>

Kumar, R., Kim, D.-S., Jung, K.-H., 2019. Enhanced AMBTC based data hiding method using hamming distance and pixel value differencing. *Journal of Information Security and Applications* 47, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2019.04.007>

Li, Z., He, Y., 2018. Steganography with pixel-value differencing and modulus function based on PSO. *Journal of Information Security and Applications* 43, 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2018.10.006>

Martín, A., Hernández, A., Alazab, M., Jung, J., Camacho, D., 2023. Evolving Generative Adversarial Networks to improve image steganography. *Expert Systems with Applications* 222, 119841. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119841>

Muralidharan, T., Cohen, Aviad, Cohen, Assaf, Nissim, N., 2022. The infinite race between steganography and steganalysis in images. *Signal Processing* 201, 108711. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2022.108711>

Rustad, S., Setiadi, D.R.I.M., Syukur, A., Andono, P.N., 2022. Inverted LSB image steganography using adaptive pattern to improve imperceptibility. *Journal of King*

Saud University - Computer and Information Sciences 34, 3559–3568.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.12.017>

Sahu, A.K., Swain, G., Sahu, M., Hemalatha, J., 2021. Multi-directional block based PVD and modulus function image steganography to avoid FOBP and IEP. *Journal of Information Security and Applications* 58, 102808.
<https://doi.org/10.1016/j.jisa.2021.102808>

Setiadi, D.R.I.M., Rustad, S., Andono, P.N., Shidik, G.F., 2023. Digital image steganography survey and investigation (goal, assessment, method, development, and dataset). *Signal Processing* 206, 108908.
<https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2022.108908>

Shafiee, S., Wautelet, Y., Hvam, L., Sandrin, E., Forza, C., 2020. Scrum versus Rational Unified Process in facing the main challenges of product configuration systems development. *Journal of Systems and Software* 170, 110732.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110732>

Sun, J., Wang, W., Zhang, H., Zhang, J., 2023. Color image quantum steganography scheme and circuit design based on DWT+DCT+SVD. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 617, 128688.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2023.128688>