

**IMPLEMENTASI KRIPTOGRAFI ELGAMAL DAN STEGANOGRAFI KOMBINASI
LEAST SIGNIFICANT BIT DAN *BLUM BLUM SHUB* UNTUK PENGAMANAN
PESAN RAHASIA DALAM GAMBAR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika



Oleh:

Maulana Firman Nurdiansyah

1904042

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

LEMBAR HAK CIPTA

IMPLEMENTASI KRIPTOGRAFI ELGAMAL DAN STEGANOGRAFI KOMBINASI *LEAST SIGNIFICANT BIT* DAN *BLUM BLUM SHUB* UNTUK PENGAMANAN PESAN RAHASIA DALAM GAMBAR

Oleh :

Maulana Firman Nurdiansyah
NIM 1904042

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Maulana Firman Nurdiansyah 2024
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

MAULANA FIRMAN NURDIANSYAH

IMPLEMENTASI KRIPTOGRAFI ELGAMAL DAN STEGANOGRAFI KOMBINASI *LEAST SIGNIFICANT BIT* DAN *BLUM BLUM SHUB* UNTUK PENGAMANAN PESAN RAHASIA DALAM GAMBAR

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dra. Hj. Rini Marwati, M.S.

NIP. 196606251990012001

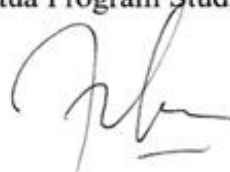
Pembimbing II,



Ririn Sispiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 198106282005012001

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 198207282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Implementasi kriptografi ElGamal dan Steganografi Kombinasi *Least Significant Bit* dan *Blum Blum Shub* untuk pengamanan pesan rahasia dalam gambar." ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 13 Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Maulana Firman Nurdiansyah

NIM. 1904042

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: “Implementasi Kriptografi ElGamal dan Steganografi Kombinasi *Least Significant Bit* dan *Blum Blum Shub* untuk Pengamanan Pesan Rahasia dalam Gambar”

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika di Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi konten maupun teknik penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis serta pembaca sekalian.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandung, 13 Agustus 2023



Maulana Firman Nurdiansyah

NIM. 1904042

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, serta rahmat shalawat dan salam untuk junjungan besar Nabi Muhammad SAW penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu. Selesaiannya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan doa berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Ibu Dra. Hj. Rini Marwati, M.S. selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan yang sangat membantu penyusunan dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.
2. Yth. Ibu Ririn Sispiyati, S.Si., M.Si. selaku Ketua KBK Terapan Program Studi Matematika Prodi Matematika Universitas Pendidikan Indonesia sekaligus Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan yang sangat membantu penyusunan dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.
3. Yth. Bapak Imam Nugraha Albania, M.Pd., Ph.D selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan serta motivasi selama penulis menjalani perkuliahan S1.
4. Yth. Ibu Dr. Kartika Yulianti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Matematika Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Seluruh Civitas Akademika Prodi Matematika dan Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Matematika.
6. Kedua orang tua tercinta Ibu Mujirah dan Bapak Jumai, adik-adik penulis Izul Mudzaqi dan Naura Azzahra yang telah memberikan dorongan serta doa dan kasih sayang agar selalu berusaha dengan maksimal dan senantiasa bersyukur.
7. Teman-teman Matematika D 2019 yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu, tetapi selalu menjadi teman seperjuangan terbaik yang saling mendukung, menyemangati, dan mendo'akan satu sama lain.

8. Rekan-rekan LDK UKDM UPI khususnya Muflih Abror Zein, dan Mohammad Irfan yang telah memberikan dukungan, bantuan dan kebersamaan selama menjalani perkuliahan S1.
9. Sahabat saya Rizky Firman Ardhiansyah yang telah memberi dukungan, bantuan dan do'a.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis cantumkan namanya, yang telah memberikan dukungan dan saran selama proses penulisan skripsi ini berlangsung.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem keamanan data yang mengintegrasikan kriptografi ElGamal dengan steganografi *Least Significant Bit* (LSB) dan algoritma *Blum Blum Shub* (BBS). Algoritma ElGamal menawarkan keamanan tinggi melalui logaritma diskret, namun pesan yang dienkripsi masih dapat terlihat dan diketahui keberadaannya oleh pihak yang tidak berwenang. Metode LSB memungkinkan penyisipan pesan pada bit-bit terakhir dari data gambar, sehingga pesan menjadi tidak terlihat oleh mata manusia. Dengan memanfaatkan algoritma BBS sebagai pembangkit bilangan acak, posisi *bit* untuk penyisipan pesan dalam LSB ditentukan secara acak, membuat deteksi pesan menjadi lebih sulit. Implementasi kombinasi kriptografi ElGamal dan steganografi LSB dengan algoritma BBS dalam program aplikasi komputer yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python versi 3.11 dapat meningkatkan keamanan data secara signifikan. Validasi kualitas gambar menggunakan PSNR menunjukkan bahwa hampir tidak ada perbedaan signifikan antara *cover-image* dan *stego-image*.

Kata Kunci: Keamanan Data, Kriptografi ElGamal, Steganografi LSB, *Blum Blum Shub*, PSNR, Python.

ABSTRACT

The aim of this research is to develop a data security system that integrates ElGamal cryptography with Least Significant Bit (LSB) steganography and the Blum Blum Shub (BBS) algorithm. ElGamal provides high security through discrete logarithms, but the encrypted message can still be detected by unauthorized parties. LSB enables message embedding in the last bits of image data, making it invisible to the human eye. Using BBS for random number generation, the bit positions for LSB embedding are randomly selected, making detection more difficult. Implementing this combination in a Python 3.11 application significantly enhances data security. PSNR-based image quality validation shows that there is almost no significant difference between the cover-image and the stego-image.

Keywords: *Data Security, ElGamal Cryptography, LSB Steganography, Blum Blum Shub, PSNR, Python.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI.....	7
2.1 Teori Dasar Matematika.....	7
2.1.1 Bilangan Prima.....	7
2.1.2 Keterbagian	7
2.1.3 Faktor Persekutuan Terbesar.....	7
2.1.4 Relatif Prima	8
2.1.5 Modulo	8
2.1.6 Invers Modulo	8
2.1.7 Akar Primitif	8
2.1.8 Kongruen.....	9
2.2 Teori Dasar Kriptografi.....	10
2.2.1 Tujuan Kriptografi.....	10
2.2.2 Terminologi Istilah.....	10
2.2.3 Kriptosistem	11
2.2.4 Kriptografi Klasik	12
2.2.5 Kriptografi Modern	12

2.2.6	Kriptografi Simetri	12
2.2.7	Kriptografi Asimetris	13
2.2.8	Algoritma Kriptografi ElGamal	13
2.3	Teori Coding	16
2.3.1	Sistem ASCII.....	16
2.3.2	Biner	17
2.3.3	Heksadesimal	17
2.4	Teori Dasar Steganografi	18
2.4.1	Istilah dalam Steganografi.....	18
2.4.2	Prinsip Kerja Steganografi	19
2.4.3	Ranah Steganografi	19
2.4.4	<i>Least Significant Bit</i>	20
2.4.5	Varian Metode LSB	20
2.4.6	<i>Pseudorandom Number Generator</i>	22
2.4.7	Algoritma <i>Blum Blum Shub</i>	22
2.5	Citra Digital	26
2.5.1	Jenis-Jenis Citra Digital	26
2.6	Ukuran Teks yang Disembunyikan.....	27
2.7	Kriteria Kualitas <i>Stego-Image</i>	28
2.8	Bahasa Pemrograman <i>Python</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1	Identifikasi Masalah	31
3.2	Model Dasar	32
3.2.1	Algoritma kriptografi ElGamal	32
3.2.2	Steganografi LSB BBS.....	33
3.3	Pengembangan Model Dasar.....	33
3.4	Konstruksi Program Aplikasi.....	34
3.4.1	<i>Input dan Output</i>	35
3.4.2	Algoritma Deskriptif	35
3.4.3	Rancangan Tampilan Program Aplikasi	36
3.4.4	<i>Library Python</i>	39
3.5	Proses Validasi.....	41
3.6	Pengambilan Kesimpulan	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Model Kriptografi ElGamal dan Steganografi Kombinasi LSB dan <i>Blum Blum Shub</i> untuk Pengamanan Pesan Rahasia dalam Gambar	42
4.1.1 <i>Skema</i> Aplikasi Kriptografi ElGamal dan Steganografi LSB dengan <i>Blum Blum Shub</i>	42
4.1.2 <i>Pseudocode</i> Aplikasi Kriptografi ElGamal dan Steganografi LSB dengan <i>Blum Blum Shub</i>	43
4.1.2.1 <i>Pseudocode</i> Algoritma Pembangkit Kunci ElGamal	44
4.1.2.2 <i>Pseudocode</i> Algoritma Enkripsi ElGamal	46
4.1.2.3 <i>Pseudocode</i> Algoritma Dekripsi ElGamal	49
4.1.2.4 <i>Pseudocode</i> Algoritma <i>Embedding</i> Dan Ekstraksi Steganografi Gambar	50
4.1.2.5 <i>Pseudocode</i> Algoritma Cek Kualitas Gambar	56
4.2 Program Aplikasi	57
4.2.1 Tampilan Tab Pembangkit Kunci ElGamal	57
4.2.2 Tampilan Tab Enkripsi ElGamal.....	58
4.2.3 Tampilan Tab Steganografi LSB BBS	60
4.2.4 Tampilan Tab Dekripsi ElGamal	61
4.2.5 Tampilan Tab Cek Kualitas Gambar.....	62
4.3 Validasi	64
4.3.1 Contoh	64
4.3.2 Contoh dengan Batasan Karakter Berbeda.....	77
4.3.3 Pengujian Kualitas Stego Image	81
4.3.4 Pengujian Kualitas Stego Image Berdasarkan Batas Maksimal Karakter berbeda dan Gambar Sama.....	83
4.3.5 Pengujian Kualitas Stego Image Berdasarkan Batas Maksimal Karakter 95 dan Gambar Berbeda.....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	88

DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi LSB Sequential	21
Gambar 2. 2 Ilustrasi LSB acak	22
Gambar 3. 1 Skema Algoritma ElGamal	32
Gambar 3. 2 Skema Steganografi LSB BBS	33
Gambar 3. 3 Skema Model Pengembangan	34
Gambar 3. 4 Rancangan Tampilan Pembangkit Kunci	36
Gambar 3. 5 Rancangan Tampilan Enkripsi ElGamal	37
Gambar 3. 6 Rancangan Tampilan Steganografi.....	37
Gambar 3. 7 Rancangan Tampilan Dekripsi ElGamal.....	38
Gambar 3. 8 Rancangan Tampilan Cek Kualitas Gambar	38
Gambar 4. 1 Skema Aplikasi Kriptografi ElGamal dan Steganografi LSB BBS	42
Gambar 4. 2 Tampilan Tab Pembangkit Kunci ElGamal	57
Gambar 4. 3 Tampilan Tab Enkripsi ElGamal	59
Gambar 4. 4 Tampilan Tab Steganografi LSB BBS	60
Gambar 4. 5 Tampilan Tab Dekripsi ElGamal.....	61
Gambar 4. 6 Tampilan Tab Cek Kualitas Gambar	63
Gambar 4. 7 Tampilan Notifikasi Pembangkit Kunci ElGamal	65
Gambar 4. 8 Tampilan Pembangkit Kunci ElGamal.....	66
Gambar 4. 9 Tampilan Layar Memilih File Plainteks.....	68
Gambar 4. 10 Tampilan Enkripsi ElGamal	68
Gambar 4. 11 Tampilan Layar Menyimpan Cipherteks.....	69
Gambar 4. 12 Tampilan Notifikasi Menyimpan Cipherteks.....	69
Gambar 4. 13 Tampilan Layar Memilih <i>Cover-image</i>	70
Gambar 4. 14 Tampilan Layar Memilih File Cipherteks.....	71
Gambar 4. 15 Tampilan Proses <i>Embedding</i>	71
Gambar 4. 16 Tampilan Layar Menyimpan Data Hasil <i>Embedding</i>	72
Gambar 4. 17 Tampilan Layar Notifikasi Proses <i>Embedding</i>	72

Gambar 4. 18 Tampilan Data <i>Embedding</i> Dalam File CSV	73
Gambar 4. 19 Tampilan Layar Memilih <i>Stego-image</i>	74
Gambar 4. 20 Tampilan Notifikasi Proses Ekstraksi	74
Gambar 4. 21 Tampilan Proses Ekstraksi.....	75
Gambar 4. 22 Tampilan Notifikasi Proses Dekripsi	76
Gambar 4. 23 Tampilan Proses Dekripsi	76
Gambar 4. 24 Tampilan Proses Cek Kualitas Gambar.....	82
Gambar 4. 25 Tampilan Layar Notifikasi Proses Cek Kualitas Gambar	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kode ASCII.....	17
Tabel 2. 2 Konversi Pesan ke Biner.....	23
Tabel 2. 3 Penentuan Posisi Piksel.....	24
Tabel 2. 4 Proses Penyisipan.....	25
Tabel 2. 5 Citra Warna.....	27
Tabel 2. 6 Nilai PSNR Kriteria Kualitas Citra.....	29
Tabel 4. 1 Hasil Pembangkitan Kunci.....	64
Tabel 4. 2 Parameter Enkripsi dan Hasil Enkripsi.....	67
Tabel 4. 3 Kunci Privat dan Cipherteks untuk Dekripsi.....	75
Tabel 4. 4 Hasil Implementasi Proses Enkripsi dan Dekripsi dengan Algoritma ElGamal Berdasarkan Batas Maksimal Karakter.....	77
Tabel 4. 5 Hasil Implementasi Proses Embedding, Ekstraksi, dan Cek Kualitas Gambar Berdasarkan Batas Maksimal Karakter Berbeda dan Gambar Sama.....	83
Tabel 4. 6 Hasil Implementasi Proses <i>Embedding</i> , Ekstraksi, dan Cek Kualitas Gambar Berdasarkan Batas Maksimal Karakter 95 dan Gambar Berbeda.....	85

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhiansyah R. F.(2023) *Implementasi Steganografi Kombinasi Least Significant Bit Dan Blum Blum Shub Dengan Kriptografi Vigenère Cipher Untuk Penyisipan Pesan Rahasia Dalam Gambar.* (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Ardhianto, E., Redjeki, R. S., Supriyanto, E., Murti, H., & Wahyudi, E. N. (2024). Adopsi Generator Kunci Euler Number dan Pembangkit Kunci Blum Blum Shub untuk Meningkatkan Confidentiality Level pada Extended Vigenere. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 7(1), 1-11.
- Aziz, A. Z. A., Sultan, M. F. M., & Zulkufli, N. L. M. (2024). Image Steganography: Comparative Analysis of their Techniques, Complexity and Enhancements. *International Journal on Perceptive and Cognitive Computing*, 10(1), 59-70.
- Az-Zahra, F. (2024) *Penggunaan QR Code Dalam Autentikasi Tanda Tangan Pada Dokumen Digital Dengan Algoritma Secure Hash Algorithm-256 (SHA-256) Dan Rivest Shamir Adleman (RSA) Yang Ditingkatkan.* (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Bray, S. W. (2020). *Implementing Cryptography Using Python*. New York: John wiley & Sons Inc.
- Burton, D. (2011). *Elementary Number Theory*. McGraw Hill.
- Cahyani, A. D. (2022) *Penyamaran Teks Dengan Skema Hybrid Menggunakan Algoritma Enigma Dan Algoritma Elgamal.* (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Daud, M. (2023) *Implementasi Kriptografi Elliptic Curve Cryptography (ECC) Dan Steganografi Spread Spectrum Pada Pengamanan Pesan Ke Dalam Gambar.* (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Djuwitaningrum, E. R., & Apriyani, M. (2017). Teknik Steganografi Pesan Teks Menggunakan Metode Least Significant Bit dan Algoritma Linear Congruential Generator. *Juita: Jurnal Informatika*, 4(2), 79-85. doi:10.30595/juita.v0i0.1333
- Fauzi, R. (2023). Implementasi Algoritma Kriptografi Elgamal Untuk Pesan Rahasia

- Berbasis Web Di Markas Pmi Kota Tangerang. *Jurnal Ilmu Komputer*, 6(3), 50-54.
- Fikri, M. A., & Ferdinandus, F. X. (2022). Optimasi Teknik Steganografi Amelsbr Pada Empat Bit Terakhir Dengan Cover Image Berwarna. *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 16(1), 25–38.
- Fikry, B. F. (2024) *Implementasi Kriptografi Hybrid Advanced Encryption Standard (AES) Dan Elliptic Curve Cryptography (ECC) Dengan Steganografi Least Significant Bit (LSB) Pada Pengamanan Pesan Ke Dalam Gambar*. (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Firdaus, J., Marwati, R., & Gozali, S. (2018). Penyandian Pesan Menggunakan Kombinasi Algoritma RSA yang Ditingkatkan dengan Algoritma Elgamal. *EurekaMatika*, 6(1). 23-32.
- Grout, I. (2008). *Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs*. Elsevier.
- Hani, K. (2020). *Algoritma kriptografi dan steganografi untuk pengamanan pesan ke dalam citra* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Hidayat, E. Y., & Hastuti, K. (2013). Analisis Steganografi Metode Least Significant Bit (LSB) dengan Penyisipan Sekuensial dan Acak Secara Kuantitatif dan Visual. *Techno. Com*, 12(3), 157-167.
- Ishaq, M. Z. F. (2023). *Perancangan Pencarian Sasaran Tembak Otomatis Menggunakan Metode Pengolahan Citra Berbasis Arduino Uno* (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia) .
- Joey, F. L. (2023). Modification of Blum-Blum-Shub Generator (BBS) with a 2×2 Matrix and the First Digit Property of Generated Random Numbers and Bits. *Applied Mathematics and Computational Intelligence (AMCI)*, 12(2), 120-129.
- Kurniasih, F., Marwati, R., & Sispiyati, R. (2023). Penggabungan Affine Cipher dan Least Significant Bit-2 untuk Penyisipan Pesan Rahasia pada Gambar. *Jurnal EurekaMatika*, 11(2), 79-88.

- Maulana, P. A. (2019). *Proses enkripsi dan dekripsi pada polinomial dengan menggunakan metode Affine Cipher* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Mufadilah, A. T. (2019). IMPLEMENTASI KRIPTOGRAFI RIVEST SHAMIR ADLEMAN (RSA) YANG DITINGKATKAN DAN STEGANOGRAFI LEAST SIGNIFICANT BIT (LSB) (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Munir, Rinaldi. (2024). Bahan Kuliah Pengantar Kriptografi. *Program Studi Informatika, Institut Teknologi Bandung*.
- Munir, Rinaldi. (2024). Bahan Kuliah Steganografi Bagian 1. *Program Studi Informatika, Institut Teknologi Bandung*.
- Mushthofa (2021). *Informatika untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan. hlm. 245. ISBN 978-602-244-506-7.
- Naufal, M. F., Marwati, R., & Sispiyati, R. (2021). Kriptografi Audio Menggunakan Transposisi dan Affine Cipher yang Dikembangkan dengan Algoritma Blum Blum Shub. *Jurnal EurekaMatika*, 9(1), 1-14.
- Noviyanti, P., & Mira. (2022). Analisa Algoritma Kriptografi Klasik Caesar Cipher Viginere Cipher dan Hill Cipher – Study Literature. *Journal of Information Technology*, 2(1), 23–30. <https://doi.org/10.46229/jifotech.v2i1.387>
- Nurhasanah, N., Rafi, M. Y., & Rosyani, P. (2023). Keamanan Data Menggunakan Teknik Steganografi Dengan Metode End Of File (EOF). *JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik*, 7(2), 232-240.
- Putri, W. C. P. (2023) *Implementasi Penggabungan Kriptografi Rivest Shamir Adleman (RSA) Yang Ditingkatkan Dan Kriptografi Advanced Encryption Standard (AES) Pada Aplikasi Pengirim Email*. (Repository UPI) 19 Juli 2024
- Rafli, M. F., Panjaitan, Z., & Riansah, W. (2024). Aplikasi Keamanan Sistem Pengiriman Tagihan Pembayaran Online (Invoice) Berbasis Website dengan algoritma RSA-CRT. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen*

- Informatika dan Komputer*), 23(1), 138-146.
- Sabaya, D. P., Semlambo, A. A., & Simon, J. K. (2023). Data Security Through Crypto-Stegano Systems. In *International Journal of Computational Science, Information Technology and Control Engineering* (Vol. 10, Issue 1/2/3, pp. 1–23). Academy and Industry Research Collaboration Center (AIRCC). <https://doi.org/10.5121/ijcsitce.2023.10301>
- Saragih, E., Siregar, D., & Dafitri, H. (2023). Implementasi Penyisipan Pesan Teks Terenkripsi Menggunakan Kriptografi ElGamal pada Citra Digital Menggunakan Steganografi LSB. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 22(2), 464-473.
- Sasono, dkk(2023). Perbandingan Kriptography Klasik Caesar Cipher Dengan Kriptography Modern Aes Dalam Tingkat Keamanan Jaringan Komputer. *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi* (Vol. 6, Issue 1, pp. 72–77). Politeknik Pratama Purwokerto. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v6i1.93>
- Schneier, B. (1996). *Applied Cryptography (2nd ed.)*. John Wiley And Sons.
- Siambaton, M. Z. (2023). Pengamanan Data Teks Menggunakan Algoritma Kriptografi Elgamal dan XOR dari Serangan Hacker. *sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(4), 176-187.
- Siaulhak, S., & Kasma, S. (2023). Sistem Pengiriman File Menggunakan Steganografi Pengolahan Citra Digital Berbasis Matriks Laboratory. *BANDWIDTH: Journal of Informatics and Computer Engineering*, 1(2), 75-81.
- Stinson, D. R. (2006). *Cryptography: theory and practice (3rd ed.)*. Chapman and Hall/CRC.
- Sultan, A., Lin, Y., & Mushtaq, A. (2022). A Survey Paper on ASCII-Based Cryptographic Techniques. In Vol 4 Issue 4 (Vol. 4, Issue 4, pp. 1087–1098).
- Supardi, Y., & Dede. (2020). *Semua Bisa Menjadi Programmer Python Case Study*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Wagstaff, S. S., & Rosen, K. H. (1987). *Elementary Number Theory and Its Applications. Mathematics of Computation*. <https://doi.org/10.2307/2007902>