

**KOMBINASI VIGÈNERE CIPHER, ALGORITMA RSA,  
DAN ELGAMAL DALAM KRIPTOGRAFI CITRA  
DIGITAL BESERTA ANALISIS KEAMANANNYA**

**Skripsi**

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Matematika**



**Rafiqa Oktaviani**

**1305621034**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2025**

# LEMBAR PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI

## KOMBINASI VIGÈNERE CIPHER, ALGORITMA RSA, DAN ELGAMAL DALAM KRIPTOGRAFI CITRA DIGITAL BESERTA ANALISIS KEAMANANNYA

Nama : Rafiqa Oktaviani

No. Registrasi : 1305621034

|                                         | Nama                                                                   | Tanda Tangan                                                                          | Tanggal        |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Penanggung Jawab<br>Dekan               | : <u>Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.</u><br>NIP. 197909162005011004      |   | 5 Agustus 2025 |
| Wakil Penanggung Jawab<br>Wakil Dekan I | : <u>Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.</u><br>NIP. 197905042009122002       |  | 5 Agustus 2025 |
| Ketua                                   | : <u>Drs. Sudarwanto, M.Si., DEA.</u><br>NIP. 196503251993031003       |  | 28 Juli 2025   |
| Sekretaris                              | : <u>Dr. Yudi Mahatma, M.Si.</u><br>NIP. 197610202008121001            |  | 28 Juli 2025   |
| Penguji Ahli                            | : <u>Devi Eka Wardani M, S.Pd., M.Si.</u><br>NIP. 199005162019032014   |  | 29 Juli 2025   |
| Pembimbing I                            | : <u>Dr. Lukita Ambarwati, S.Pd., M.Si.</u><br>NIP. 197210262001122001 |  | 29 Juli 2025   |
| Pembimbing II                           | : <u>Ibnu Hadi, M.Si.</u><br>NIP. 198107182008011017                   |  | 29 Juli 2025   |

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 21 Juli 2025

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Rafiqa Oktaviani  
No Registrasi : 1305621034  
Program Studi : Matematika

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul *"Kombinasi Vigènere Cipher, Algoritma RSA, dan ElGamal dalam Kriptografi Citra Digital beserta Analisis Keamanannya"* adalah:

1. Dibuat sendiri, mengadopsi hasil kuliah, buku-buku, dan referensi acuan yang tertera di dalam referensi pada skripsi saya.
2. Bukan merupakan hasil duplikasi skripsi yang telah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas lain kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan berdasarkan tata cara referensi yang semestinya.

Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, 10 Juli 2025



Rafiqa Oktaviani





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rafiq Oktaviani  
NIM : 1305021034  
Fakultas/Prodi : FMIPA / Matematika  
Alamat email : rafika.oktaviani5@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Kombinasi Vigenere Cipher, Algoritma RSA dan ElGamal dalam Kriptografi

Citra Digital beserta Analisis Keamanannya

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta , 8 Agustus 2025

Penulis

( Rafiq Oktaviani )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: **Kombinasi Vigènere Cipher, Algoritma RSA, dan ElGamal dalam Kriptografi Citra Digital beserta Analisis Keamanannya**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dan tugas akhir memperoleh gelar Sarjana Matematika selama studi di Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Yudi Mahatma, M.Si. selaku Koordinator Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.
2. Ibu Dr. Lukita Ambarwati, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ibnu Hadi, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, menjawab pertanyaan-pertanyaan, memberi masukan serta saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ibu dosen yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dan bekal untuk masa depan penulis.
4. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, nasehat, serta semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Berkat doa dan ridhonya, Allah memberi berbagai kemudahan kepada penulis.

5. Seluruh teman-teman matematika 2021 dan semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas segala bentuk bantuan, semangat, dan dukungan bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini disebabkan kurangnya ilmu dan komunikasi. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menjadi lebih baik lagi.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi lingkungan akademik khususnya Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, maupun pihak lain yang membutuhkan serta bagi penulis secara pribadi.

Jakarta, 10 Juli 2025

Rafiqa Oktaviani



# ABSTRAK

**RAFIQA OKTAVIANI.** Kombinasi *Vigènere Cipher*, Algoritma RSA, dan ElGamal dalam Kriptografi Citra Digital beserta Analisis Keamanannya. Skripsi, Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

Kriptografi dapat digunakan sebagai upaya untuk mengamankan data, salah satunya data berupa citra digital. Sebagian besar sistem keamanan mengombinasikan algoritma kriptografi simetri dan nirsimetri dalam satu sistem, yaitu *hybrid cryptosystem* untuk meningkatkan keamanan. Algoritma kriptografi simetri memiliki kelebihan dalam kecepatan proses, namun lemah dalam keamanan kunci. Sebaliknya, algoritma kriptografi nirsimetri memiliki kelebihan dalam keamanan kunci, namun membutuhkan waktu pemrosesan yang lebih lama. Penelitian ini mengombinasikan tiga algoritma, yaitu *Vigènere Cipher* (simetri), RSA (nirsimetri), dan ElGamal (nirsimetri) pada citra digital. Keamanan kombinasi ini dianalisis berdasarkan nilai NPCR (*Number of Pixel Change Rate*) dan UACI (*Unified Average Changing Intensity*). Dari tiga algoritma tersebut, terdapat enam kombinasi yang dilakukan pada proses enkripsi dan dekripsi. Kombinasi algoritma tersebut akan diterapkan pada delapan citra dengan variasi warna serta kompleksitas gambar yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai NPCR dan UACI yang diperoleh dari delapan citra untuk masing-masing kombinasi algoritma kriptografi tersebut telah melewati batas minimal. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi kriptografi dapat dikatakan baik atau aman. Lebih lanjut, urutan penerapan antara algoritma simetri dan nirsimetri dalam kombinasi algoritma berpengaruh terhadap nilai UACI yang dihasilkan.

**Kata kunci.** *Kriptografi, Citra Digital, Algoritma Simetri, Algoritma Nirsimetri, NPCR, UACI*

# ABSTRACT

**RAFIQA OKTAVIANI.** Combination of Vigènere Cipher, RSA Algorithm, and ElGamal in Digital Image Cryptography and Its Security Analysis. Mini Thesis, Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2025.

Cryptography can be used as a means of securing data, one of which is data in the form of digital images. Most security systems combine symmetric and asymmetric cryptographic algorithms into one system, known as a hybrid cryptosystem, to enhance security. Symmetric cryptographic algorithms have the advantage of fast processing speed but are weaker in key security. Conversely, asymmetric cryptographic algorithms offer stronger key security but require more processing time. This paper discusses the combination of three algorithms i.e the Vigenère Cipher (symmetric), RSA (asymmetric), and ElGamal (asymmetric) using digital images. The security of these combinations is analyzed based on NPCR (Number of Pixel Change Rate) and UACI (Unified Average Changing Intensity) values. From these three algorithms, six combinations are applied in the encryption and decryption processes. These algorithm combinations are implemented on eight images with varying colors and image complexity. The results show that the average NPCR and UACI values obtained from the eight images for each of the six algorithm combinations exceed the minimum threshold. This indicates that the cryptographic combinations can be considered secure. Furthermore, the order of applying symmetric and asymmetric algorithms in the combination affects the resulting UACI value.

**Keyword.** *Cryptography, Digital Image, Symmetric Algorithm, Asymmetric Algorithm, NPCR, UACI*



# DAFTAR ISI

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| HALAMAN PERSETUJUAN HASIL SIDANG SKRIPSI          | i        |
| LEMBAR PERNYATAAN                                 | ii       |
| KATA PENGANTAR                                    | iii      |
| ABSTRAK                                           | v        |
| ABSTRACT                                          | vi       |
| DAFTAR ISI                                        | vii      |
| DAFTAR TABEL                                      | x        |
| DAFTAR GAMBAR                                     | xii      |
| DAFTAR LAMPIRAN                                   | xiv      |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>                          | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang . . . . .                      | 1        |
| 1.2 Perumusan Masalah . . . . .                   | 5        |
| 1.3 Batasan Masalah . . . . .                     | 5        |
| 1.4 Tujuan Penelitian . . . . .                   | 5        |
| 1.5 Manfaat Penelitian . . . . .                  | 6        |
| <b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b>                       | <b>7</b> |
| 2.1 Konsep Matematika pada Algoritma . . . . .    | 7        |
| 2.1.1 Faktor Persekutuan Terbesar (FPB) . . . . . | 8        |
| 2.1.2 Algoritma Euclidean . . . . .               | 9        |

|              |                                                          |           |
|--------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.3        | Relatif Prima . . . . .                                  | 11        |
| 2.1.4        | Aritmatika Bilangan Modulo . . . . .                     | 12        |
| 2.1.5        | Fungsi Totient Euler $\phi$ . . . . .                    | 18        |
| 2.1.6        | Teorema Euler . . . . .                                  | 19        |
| 2.1.7        | Akar Primitif dan Logaritma Diskrit . . . . .            | 20        |
| 2.1.8        | Fungsi . . . . .                                         | 21        |
| 2.1.9        | Fungsi Invers . . . . .                                  | 23        |
| 2.1.10       | Fungsi Komposisi . . . . .                               | 24        |
| 2.1.11       | Matriks . . . . .                                        | 25        |
| 2.2          | Citra Digital . . . . .                                  | 25        |
| 2.2.1        | Format Citra Digital . . . . .                           | 29        |
| 2.3          | Kriptografi . . . . .                                    | 30        |
| 2.3.1        | Enkripsi dan Dekripsi . . . . .                          | 31        |
| 2.3.2        | Kriptografi Simetri dan Kriptografi Nirsimetri . . . . . | 32        |
| 2.4          | <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                         | 34        |
| 2.4.1        | Proses <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                  | 35        |
| 2.4.2        | <i>Vigènere Cipher</i> pada Citra . . . . .              | 35        |
| 2.5          | Algoritma RSA (Rivest-Shamir-Adleman) . . . . .          | 43        |
| 2.5.1        | Proses Algoritma RSA . . . . .                           | 43        |
| 2.5.2        | Algoritma RSA pada Citra . . . . .                       | 44        |
| 2.6          | Algoritma ElGamal . . . . .                              | 54        |
| 2.6.1        | Proses Algoritma ElGamal . . . . .                       | 55        |
| 2.6.2        | Algoritma ElGamal pada Citra . . . . .                   | 56        |
| 2.7          | ASCII . . . . .                                          | 66        |
| 2.8          | Analisis Keamanan . . . . .                              | 67        |
| <b>BAB 3</b> | <b>METODOLOGI PENELITIAN</b>                             | <b>72</b> |
| 3.1          | Metode Penelitian . . . . .                              | 72        |
| 3.2          | Diagram Alir Penelitian . . . . .                        | 74        |
| 3.3          | Data Penelitian . . . . .                                | 76        |
| <b>BAB 4</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                              | <b>78</b> |

|              |                                                                                        |            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1          | Menentukan <i>Plain-image</i> . . . . .                                                | 78         |
| 4.2          | Pembentukan Kunci Algoritma Kriptografi . . . . .                                      | 80         |
| 4.2.1        | Pembentukan Kunci <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                                     | 80         |
| 4.2.2        | Pembentukan Kunci Algoritma RSA . . . . .                                              | 81         |
| 4.2.3        | Pembentukan Kunci Algoritma ElGamal . . . . .                                          | 82         |
| 4.3          | Proses Kombinasi Tiga Algoritma . . . . .                                              | 83         |
| 4.3.1        | Kombinasi 1 ( <i>Vigènere Cipher</i> + Algoritma RSA +<br>Algoritma ElGamal) . . . . . | 84         |
| 4.3.2        | Kombinasi 2 ( <i>Vigènere Cipher</i> + Algoritma<br>ElGamal + Algoritma RSA) . . . . . | 86         |
| 4.3.3        | Kombinasi 3 ( Algoritma RSA + <i>Vigènere Cipher</i> +<br>Algoritma ElGamal) . . . . . | 88         |
| 4.3.4        | Kombinasi 4 (Algoritma RSA + Algoritma<br>ElGamal + <i>Vigènere Cipher</i> ) . . . . . | 91         |
| 4.3.5        | Kombinasi 5 (Algoritma ElGamal + <i>Vigènere<br/>Cipher</i> + Algoritma RSA) . . . . . | 93         |
| 4.3.6        | Kombinasi 6 (Algoritma ElGamal + Algoritma<br>RSA + <i>Vigènere Cipher</i> ) . . . . . | 95         |
| 4.4          | Analisis Keamanan . . . . .                                                            | 97         |
| <b>BAB 5</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                                            | <b>102</b> |
| 5.1          | Kesimpulan . . . . .                                                                   | 102        |
| 5.2          | Saran . . . . .                                                                        | 104        |
|              | <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                                                  | <b>105</b> |
|              | <b>LAMPIRAN</b>                                                                        | <b>109</b> |



# DAFTAR TABEL

|            |                                                                               |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1  | Nilai Piksel <i>Plain-image</i> <i>Vigènere Cipher</i> Citra $3 \times 3$ . . | 38 |
| Tabel 2.2  | Proses Enkripsi Citra dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                 | 39 |
| Tabel 2.3  | Nilai Piksel Citra Hasil Enkripsi dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .     | 40 |
| Tabel 2.4  | Proses Dekripsi Citra dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                 | 41 |
| Tabel 2.5  | Nilai Piksel Citra Hasil Dekripsi dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .     | 42 |
| Tabel 2.6  | Nilai Piksel <i>Plain-image</i> Algoritma RSA Citra $3 \times 3$ . .          | 49 |
| Tabel 2.7  | Proses Enkripsi Citra dengan Algoritma RSA . . . . .                          | 50 |
| Tabel 2.8  | Proses Pembatasan Nilai Enkripsi Citra dengan Algoritma RSA . . . . .         | 51 |
| Tabel 2.9  | Nilai Piksel Citra Hasil Enkripsi dengan Algoritma RSA . . . . .              | 52 |
| Tabel 2.10 | Proses Dekripsi Citra dengan Algoritma RSA . . . . .                          | 53 |
| Tabel 2.11 | Nilai Piksel Citra Hasil Dekripsi dengan Algoritma RSA . . . . .              | 54 |
| Tabel 2.12 | Nilai Piksel <i>Plain-image</i> Algoritma ElGamal Citra $3 \times 3$          | 61 |
| Tabel 2.13 | Proses Enkripsi Citra dengan Algoritma ElGamal . .                            | 62 |
| Tabel 2.14 | Proses Pembatasan Nilai Enkripsi Citra dengan Algoritma ElGamal . . . . .     | 63 |
| Tabel 2.15 | Nilai Piksel Citra Hasil Enkripsi dengan Algoritma ElGamal . . . . .          | 64 |
| Tabel 2.16 | Proses Dekripsi Citra dengan Algoritma ElGamal . .                            | 65 |
| Tabel 2.17 | Nilai Piksel Citra Hasil Dekripsi dengan Algoritma ElGamal . . . . .          | 66 |

|            |                                                                        |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.18 | Nilai Piksel <i>Plain-image</i> dan <i>Cipher-image</i> Contoh 1 . . . | 69  |
| Tabel 2.19 | Nilai Piksel <i>Plain-image</i> dan <i>Cipher-image</i> Contoh 2 . . . | 70  |
| Tabel 4.1  | Proses Enkripsi Kombinasi 1 . . . . .                                  | 85  |
| Tabel 4.2  | Proses Dekripsi Kombinasi 1 . . . . .                                  | 86  |
| Tabel 4.3  | Proses Enkripsi Kombinasi 2 . . . . .                                  | 87  |
| Tabel 4.4  | Proses Dekripsi Kombinasi 2 . . . . .                                  | 88  |
| Tabel 4.5  | Proses Enkripsi Kombinasi 3 . . . . .                                  | 89  |
| Tabel 4.6  | Proses Dekripsi Kombinasi 3 . . . . .                                  | 90  |
| Tabel 4.7  | Proses Enkripsi Kombinasi 4 . . . . .                                  | 91  |
| Tabel 4.8  | Proses Dekripsi Kombinasi 4 . . . . .                                  | 92  |
| Tabel 4.9  | Proses Enkripsi Kombinasi 5 . . . . .                                  | 93  |
| Tabel 4.10 | Proses Dekripsi Kombinasi 5 . . . . .                                  | 94  |
| Tabel 4.11 | Proses Enkripsi Kombinasi 6 . . . . .                                  | 95  |
| Tabel 4.12 | Proses Dekripsi Kombinasi 6 . . . . .                                  | 96  |
| Tabel 4.13 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 1 . . . . .                              | 97  |
| Tabel 4.14 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 2 . . . . .                              | 98  |
| Tabel 4.15 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 3 . . . . .                              | 98  |
| Tabel 4.16 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 4 . . . . .                              | 99  |
| Tabel 4.17 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 5 . . . . .                              | 99  |
| Tabel 4.18 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi 6 . . . . .                              | 100 |
| Tabel 4.19 | Hasil NPCR dan UACI Kombinasi Algoritma . . . . .                      | 100 |

# DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                                              |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | Fungsi $f$ memetakan $A$ ke $B$ (Rosen, 2019) . . . . .                                      | 22 |
| Gambar 2.2  | Fungsi Invers (Rosen, 2019) . . . . .                                                        | 23 |
| Gambar 2.3  | Fungsi Komposisi (Rosen, 2019) . . . . .                                                     | 24 |
| Gambar 2.4  | Koordinat Citra Digital (Putra, 2010) . . . . .                                              | 26 |
| Gambar 2.5  | Citra Biner (a), Citra <i>Grayscale</i> (b) dan Citra RGB (c)<br>(Pamungkas, 2017) . . . . . | 27 |
| Gambar 2.6  | Ilustrasi Citra RGB (Rijal, 2012) . . . . .                                                  | 27 |
| Gambar 2.7  | Contoh Citra Digital RGB (Sumber: Dokumen Pribadi)                                           | 28 |
| Gambar 2.8  | Sistem enkripsi dan dekripsi pada kriptografi<br>(Munir, 2019) . . . . .                     | 31 |
| Gambar 2.9  | Skema sistem algoritma kriptografi kunci-simetri<br>(Munir, 2019) . . . . .                  | 33 |
| Gambar 2.10 | Skema sistem algoritma kriptografi kunci-nirsimetri<br>(Munir, 2019) . . . . .               | 33 |
| Gambar 2.11 | <i>Plain-image Vigènere Cipher</i> (Sumber: Dokumen<br>Pribadi) . . . . .                    | 37 |
| Gambar 2.12 | <i>Plain-image Vigènere Cipher</i> Citra $3 \times 3$ Piksel . . . . .                       | 38 |
| Gambar 2.13 | Citra Hasil Enkripsi dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                                 | 40 |
| Gambar 2.14 | Citra Hasil Dekripsi dengan <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                                 | 42 |
| Gambar 2.15 | <i>Plain-image</i> Algoritma RSA (Sumber: Dokumen<br>Pribadi) . . . . .                      | 48 |
| Gambar 2.16 | <i>Plain-image</i> Algoritma RSA Citra $3 \times 3$ Piksel . . . . .                         | 49 |
| Gambar 2.17 | Citra Hasil Enkripsi dengan Algoritma RSA . . . . .                                          | 52 |
| Gambar 2.18 | Citra Hasil Dekripsi dengan Algoritma RSA . . . . .                                          | 54 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.19 <i>Plain-image</i> Algoritma ElGamal (Sumber: Dokumen Pribadi) . . . . .         | 60 |
| Gambar 2.20 <i>Plain-image</i> Algoritma ElGamal Citra $3 \times 3$ Piksel . . .             | 60 |
| Gambar 2.21 Citra Hasil Enkripsi dengan Algoritma ElGamal . . .                              | 64 |
| Gambar 2.22 Citra Hasil Dekripsi dengan Algoritma ElGamal . . .                              | 66 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian . . . . .                                                 | 74 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Kombinasi 3 Algoritma, Enkripsi (a) dan Dekripsi (b) . . . . .       | 75 |
| Gambar 3.3 Citra Digital Awal (Sumber: Dokumen Pribadi) . . . .                              | 77 |
| Gambar 4.1 Citra Digital yang Digunakan dalam Penelitian (Sumber: Dokumen Pribadi) . . . . . | 80 |
| Gambar 4.2 Kunci <i>Vigènere Cipher</i> . . . . .                                            | 81 |





# DAFTAR LAMPIRAN

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Tabel ASCII .....                                 | 109 |
| Lampiran 2. <i>Import Library</i> .....                       | 112 |
| Lampiran 3. Kunci <i>Vigènere Cipher</i> .....                | 112 |
| Lampiran 4. Kode Program <i>Vigènere Cipher</i> .....         | 113 |
| Lampiran 5. Kode Program Algoritma RSA .....                  | 114 |
| Lampiran 6. Kode Program Algoritma ElGamal .....              | 116 |
| Lampiran 7. Kode Program Kombinasi .....                      | 119 |
| Lampiran 8. Kode Program NPCR dan UACI .....                  | 119 |
| Lampiran 9. Kode Program Menyimpan dan Menampilkan Gambar ... | 120 |
| Lampiran 10. Kode Program Fungsi Utama .....                  | 121 |