

# Perbandingan Hasil Performa Optimasi Transposisi Hill Cipher dan Vigenere Cipher pada Citra Digital

Bayu Firmanto<sup>a,\*</sup>, Devita Putri Kusuma Ningrum<sup>b</sup>, Arief Bramanto Wicaksono Putra<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universitas Wisnuwardhana, Jl. Danau Sentani No 99, Malang, Indonesia

<sup>b</sup>Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Cipto Mangun Kusumo, Samarinda, Indonesia

\*correspondence email : [bayufirmanto@wisnuwardhana.ac.id](mailto:bayufirmanto@wisnuwardhana.ac.id)

**Abstract**—The security system is one of the crucial factors in sending data. Cryptography is a security system with a working system that converts data into passwords that are difficult to understand. This study compares the results of the transposition optimization performance on the classic algorithm, Hill Cipher and Vigenere Cipher. This research aims to find out the best algorithm suitable for the transposition technique and improve the image encryption results. Optimization performance is assessed visually and tested using the Discrete Cosine Transform (DCT) method, then testing the encrypted image using the MSE methods. This study used three image samples with PNG format measuring 200 \* 200 and 220 \* 220 pixels. The average value in the first image sample of the original Hill Cipher algorithm and with transposition optimization is 24.79% and 24.77%. The original Vigenere Cipher algorithm and transposition optimization, respectively, are 26.54% and 26.75% in the image. It shows that transposition optimization is more suitable to combine with the Vigenere Cipher algorithm because randomness increases.

**Index Terms**—Hill Cipher, Cryptography, Performance, Transposition, Vigenere Cipher

**Abstrak**—Sistem pengamanan adalah salah satu faktor penting dalam proses pengiriman sebuah data. Kriptografi merupakan salah satu sistem keamanan dengan sistem kerja yang mengubah data menjadi sandi-sandi yang sulit dimengerti. Penelitian ini membandingkan hasil performa optimasi transposisi pada algoritma klasik, Hill Cipher dan Vigenere Cipher. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui algoritma terbaik yang cocok dengan teknik transposisi dan meningkatkan hasil enkripsi citra. Kinerja hasil optimasi dinilai secara visual dan diuji menggunakan metode Discrete Cosine Transform (DCT), kemudian pengujian citra hasil enkripsi menggunakan metode MSE. Pada penelitian ini digunakan 3 sampel citra dengan format PNG berukuran 200\*200 dan 220\*220 piksel. Rata-rata nilai pada sampel citra ke-1 algoritma Hill Cipher original dan dengan optimasi transposisi adalah 24.79% dan 24.77%. Pada algoritma Vigenere Cipher original dan optimasi transposisi secara berturut-turut pada citra adalah 26.54% dan 26.75%. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi transposisi lebih cocok dikombinasikan dengan algoritma Vigenere Cipher karena presentase nilai keacakannya lebih meningkat.

**Kata Kunci**—Hill Cipher, Kriptografi, Performa, Transposisi, Vigenere Cipher

## I. PENDAHULUAN

Keamanan dalam pengiriman data maupun komunikasi merupakan aspek penting. Sebagai contoh sederhana, saat kita akan mengirim surat kepada seseorang, maka kita akan membungkus surat tersebut dengan amplop agar tidak terbaca oleh orang lain. Untuk menambah kerahasiaan dari surat tersebut agar tidak terbaca oleh orang lain dengan mudah. Apabila amplop dibuka, maka kita mengupayakan sebuah mekanisme tertentu agar isi surat tidak mudah dipahami[1]. Keamanan berperan penting terutama pada informasi yang akan disampaikan dengan rahasia agar terhindar dari pihak ketiga yang ingin mencuri atau memanipulasi data[2].

Dengan adanya hal tersebut diperlukan sebuah algoritma yang dapat meningkatkan keamanan maupun kerahasiaan file, yaitu dengan menyandikan pesan yang akan dikirim tersebut menjadi pesan yang sudah teracak, sehingga apabila jatuh ketangan yang tidak diinginkan, pesan tersebut juga tidak dapat digunakan. Algoritma penyandian diatas adalah kriptografi[3]. Kriptografi adalah ilmu mengenai suatu kunci enkripsi menjadi sesuatu sulit dibaca oleh seseorang dan bertujuan menjaga isi informasi[4][5]. Pada dasarnya, kriptografi memiliki dua algoritma yaitu enkripsi dan dekripsi. Pesan yang dapat dibaca disebut sebagai plaintext, sedangkan teknik untuk membuat pesan tidak dapat terbaca disebut enkripsi[6].

Salah satu teknik kriptografi yang masuk dalam golongan teknik klasik adalah Hill Cipher. Hill Cipher merupakan salah satu algoritma kriptografi kunci simetris yang memiliki beberapa kelebihan dalam enkripsi data[4]. Hill cipher merupakan polyalphabetic cipher yang dapat dikategorikan sebagai

blok cipher, karena teks yang akan diproses akan dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran tertentu. Setiap karakter dalam satu blok akan saling mempengaruhi karakter lainnya dalam proses enkripsi dan dekripsinya, sehingga karakter yang sama tidak dipetakan menjadi karakter yang sama pula[7].

Teknik ini menggunakan sebuah matriks persegi sebagai kunci yang digunakan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi. Hill Cipher diciptakan oleh Lester S. Hill pada tahun 1929. Hill Cipher tidak mengganti setiap abjad yang sama pada plaintext dengan abjad lainnya yang sama pada ciphertext karena menggunakan perkalian matriks pada dasar enkripsi dan dekripsinya. Hill Cipher termasuk pada algoritma kriptografi klasik yang sangat sulit dipecahkan oleh kriptanalis apabila dilakukan dengan hanya mengetahui berkas *ciphertext*-nya saja. Namun, teknik ini dapat dipecahkan dengan cukup mudah apabila kriptanalis[8] memiliki berkas *ciphertext* dan potongan berkas *plaintext*. Teknik kriptanalis ini disebut known-plaintext attack[7].

Teknik kriptografi lainnya adalah Vigenere Cipher. Vigenere Cipher adalah metode untuk mengenkripsi teks alfabet dengan menggunakan serangkaian caesar cipher yang berbeda berdasarkan huruf-huruf kata kunci. Ini adalah bentuk sederhana dari substitusi *polyalphabetic*. Algoritma ini merupakan pengembangan dari algoritma caesar cipher dan termasuk dalam kategori kunci simetris karena kunci yang digunakan sama pada proses enkripsi dan dekripsinya[9][10].

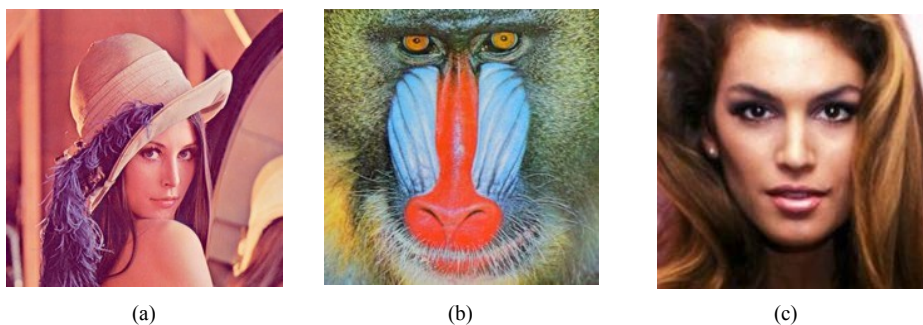
Algoritma vigenere merupakan salah satu algoritma kriptografi sandi abjad majemuk. Untuk meningkatkan keamanan, maka dalam penelitian ini teknik pada Hill Cipher dan Vigenere Cipher akan dikombinasikan dengan teknik transposisi. Teknik transposisi adalah pada dasarnya membuat *ciphertext* dengan menggantikan posisi objek-objek *plaintext* tanpa menggantikan objek *plaintext* tersebut, jadi pada proses transposisi tidak diperlukan karakter lain[11]. Transposisi dipilih karena dapat digunakan untuk mengacak kembali posisi ciphertext hasil Hill Cipher dan Vigenere Cipher[9].

*Discrete Cosine Transform*(DCT) adalah sebuah teknik yang mengubah sinyal ke dalam komponen frekuensi dasar[12][13]. *Discrete Cosine Transform* merepresentasikan sebuah citra dari penjumlahan sinusoida dari magnitude dan frekuensi yang berubah-ubah. Sifat dari DCT adalah mengubah informasi citra yang signifikan dikonsentrasikan hanya pada beberapa koefisien DCT.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Pemrosesan Awal

Setelah melakukan analisa maka dalam studi ini digunakan algoritma Hill Cipher dan Vigenere Cipher serta teknik transposisi untuk enkripsinya. Teknik ini dilakukan pada citra digital. Citra akan diolah menggunakan software matlab. Citra yang digunakan adalah citra RGB dengan ukuran citra 220\*220 dan 200\*200 piksel berformat PNG dengan panjang kunci sejumlah 4 karakter. Citra gambar yang digunakan pada studi ini adalah :



Gambar-1. Citra yang diujicobakan {(a) Lena;(b) Baboon;(c) Cyndy}

### B. Enkripsi Citra

Pada tahap enkripsi citra dilakukan dengan mengkombinasikan masing-masing dua metode yaitu Hill Cipher dan dilanjutkan dengan teknik transposisi dan Vigenere Cipher kemudian dilanjutkan dengan teknik transposisi.

#### 1) Enkripsi Hill Cipher

Pada tahap ini citra di enkripsi menggunakan algoritma Hill Cipher. Pada tahap ini dibutuhkan sebuah kunci dimana kunci tersebut terdiri dari 4 karakter yaitu '7B&1' yang akan diubah menjadi nilai ASCII. Lalu ubah kunci menjadi matriks 2x2. Berikut adalah langkah detil dari proses enkripsi citra dengan

algoritma Hill Cipher.

1. Baca citra yang akan dienkripsi.
2. Ubah citra menjadi nilai double.
3. Inputkan kunci berupa 4 karakter yang terdiri dari huruf, angka dan simbol.
4. Ubah kunci menjadi matriks 2x2.
5. Lakukan proses enkripsi dengan persamaan 1.
6. Dapatkan citra terenkripsi.

$$C = (K \times P) \bmod 256 \quad (1)$$

#### 2) Enkripsi Hill Cipher

Pada tahap ini citra di enkripsi menggunakan algoritma Vigenere Cipher. Pada tahap ini juga dibutuhkan sebuah kunci yang sama yaitu '7B&1'. Lalu ubah kunci menjadi nilai ASCII kemudian hitung panjang kunci dan ulang sejumlah piksel pada plain image.

1. Baca citra yang akan dienkripsi.
2. Ubah citra menjadi nilai double.
3. Inputkan kunci berupa 4 karakter yang terdiri dari huruf, angka dan simbol.
4. Lakukan proses enkripsi dengan persamaan 2.
5. Dapatkan citra hasil enkripsi Vigenere Cipher.

$$C = (K + P) \bmod 256 \quad (2)$$

#### 3) Enkripsi Transposisi

Setelah dilakukan proses enkripsi menggunakan algoritma Hill Cipher dan Vigenere Cipher, tahap ini merupakan tahap terakhir dari proses enkripsi. Transposisi digunakan untuk memperkuat hasil pengacakan pada citra hasil dari kedua algoritma sebelumnya. Proses yang dilakukan adalah membuat blok dengan ukuran tertentu kemudian melakukan pergeseran menggunakan fungsi circshift. Teknik circshift dilakukan dengan cara menggeser nilai array secara melingkar. Jika posisi baris dan kolom ganjil maka dilakukan pergeseran piksel per-blok ke arah bawah lalu ke kanan. Lalu jika selain itu maka dilakukan pergeseran piksel per-blok ke arah bawah lalu ke kiri. Pergeseran dilakukan sejumlah posisi kolom dan blok tersebut. Untuk pergeseran kebawah diwakili oleh posisi baris, sedangkan pergeseran ke kanan/kiri diwakili oleh posisi kolom.

### C. Deskripsi Citra

#### 1) Dekripsi Hill Cipher

Jika sebelumnya pada proses enkripsi dilakukan proses enkrip menggunakan algoritma Hill Cipher dan Vigenere Cipher terlebih dahulu kemudian dilakukan teknik transposisi, maka pada tahap ini dilakukan teknik transposisi terlebih dahulu kemudian dekrip masing-masing algoritmanya. Berikut adalah langkah-langkah dekripsi algoritma Hill Cipher :

1. Baca citra yang telah dienkripsi.
2. Baca kunci yang telah dikirimkan pengirim.
3. Mencari invers matriks dari kunci yang telah dikirimkan.
4. Lakukan proses dekripsi menggunakan persamaan 3.

$$P = (K^{-1} \times C) \bmod 256 \quad (3)$$

Proses dekripsinya sama dengan proses enkripsinya hanya saja sebelumnya dicari terlebih dahulu nilai determinan dan invers pada matriks kuncinya. Persamaan 4 untuk mencari invers kunci adalah sebagai berikut:

$$\det K = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad ((a \times d) - (b \times c)) \quad (4)$$

$$K^{-1} = \frac{1}{\det K} \begin{bmatrix} a & -b \\ -c & d \end{bmatrix}$$

#### 2) Dekripsi Hill Cipher

Proses dekripsi merupakan kebalikan dari proses enkripsi. Masukkan kunci lalu ubah menjadi nilai ASCII kemudian lakukan dekripsi dengan algoritma Vigenere Cipher. Berikut langkah-langkah untuk

dekripsi algoritma Vigenere Cipher :

1. Baca citra yang telah dienkripsi.
2. Baca kunci yang telah dikirimkan pengirim.
3. Lakukan proses dekripsi menggunakan persamaan 5.

$$C=(P-K) \bmod 256 \quad (5)$$

### 3) Dekripsi Transposisi

Proses dekripsi dilakukan dengan cara membalik urutan proses transposisi, jika pada proses enkripsi posisi baris dan kolom ganjil akan digeser ke arah kanan lalu kebawah maka pada proses dekripsi posisi piksel per-blok akan digeser ke arah kiri lalu keatas begitu pula pada baris dan kolom selain ganjilnya.

### D. Uji Performansi

Pada tahap ini hasil enkripsi akan diukur dengan Uji Loss Energy yaitu membandingkan hasil enkripsi dengan citra asli yang akan dilakukan dengan metode DCT(Discrete Cosine Transform). Citra asli dan citra ter-enkrip akan dianggap sebagai sinyal diskrit[12]. DCT adalah salah satu metode transformasi sinyal yang memiliki sifat pemadatan energi yang baik yang menampilkan komponen utama energi secara berurutan dengan hanya beberapa koefisien transformasi[14].

Koefisien DCT dari suatu citra adalah koefisien rata-rata dari komponen R,G dan B.Koefisien DCT rata-rata dari suatu citra dianggap sebagai energi. Jika  $Y_{dct}$  dan  $X_{dct}$  adalah koefisien DCT rata-rata dari citra terenkripsi dan citra asli, masing-masing presentase perubahan dari hasil enkripsi dinyatakan oleh persamaan 6 :

$$\Delta Q_{dct}=1-\left(\frac{X_{dct(ori)}}{Y_{dct(enc)}}\right) \times 100 \% \quad (6)$$

$\Delta Q_{dct}$  adalah presentase perubahan dari koefisien DCT absolut antara  $Y_{dct}$  dan  $X_{dct}$  . Jika nilainya positif, maka dianggap memiliki peningkatan nilai keacakan dan sebaliknya.

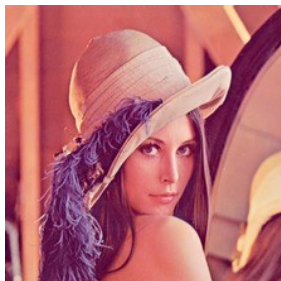
Sedangkan untuk dekripsi citra akan diukur dengan MSE dan PSNR. MSE merupakan hasil kesalahan rata-rata kuadrat dari citra asli dengan citra hasil enkripsi. Pengujian MSE dikatakan baik jika mempunyai nilai yang rendah. Persamaan 7 untuk menghitung MSE adalah :

$$MSE=\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N \|D(m.n)-P(m.n)\| \quad (7)$$

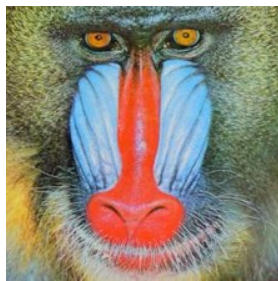
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra lena,baboon dan cyndy yang berdimensi 220x220 dan 200x200 piksel yang berformat PNG. Hasil enkripsi dan hasil optimasinya akan disimpan didalam citra berformat PNG. Kunci yang digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi adalah '7B&1'. Pengukuran hasil kinerja enkripsi dilakukan dengan cara membandingkan hasil citra asli dengan citra hasil enkripsi dengan algoritma Hill Cipher dengan transposisi dan Vigenere Cipher dengan transposisi.

### A. Hasil Enkripsi



(a)

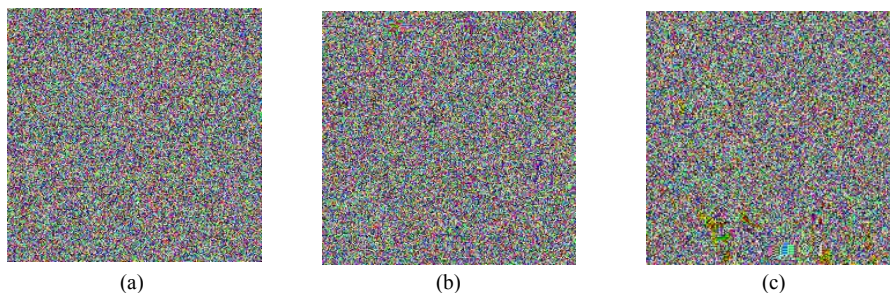


(b)

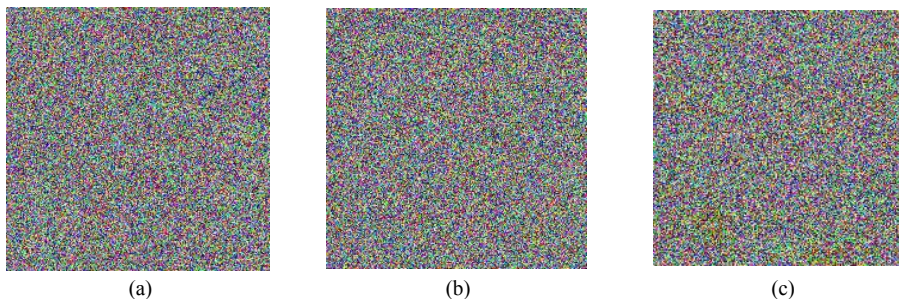


(c)

Gambar-2. Plain Image

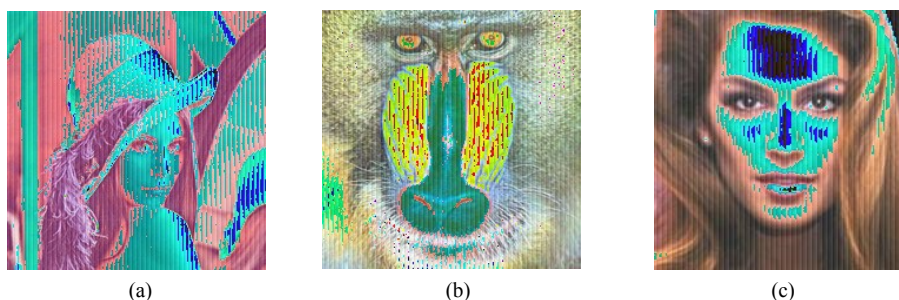


Gambar-3. Hasil Enkripsi Hill Cipher Ori {(a) Lena;(b) Baboon;(c) cyndy}

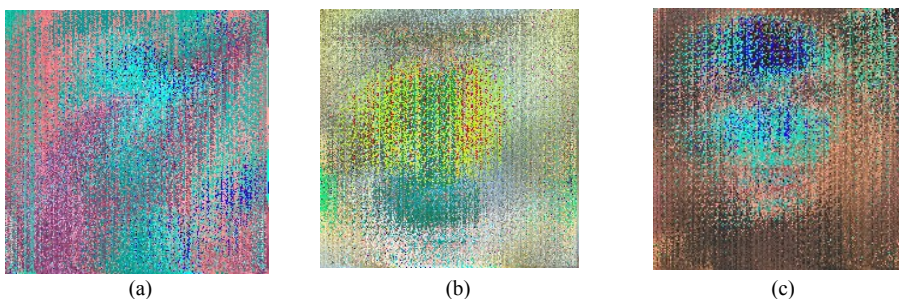


Gambar-4. Hasil Enkripsi Hill Cipher Transposisi {(a) Lena;(b) Baboon;(c) cyndy}

Dapat dilihat pada citra terenkripsi terjadi perubahan pola menjadi acak dan tidak terlihat bentuk citra aslinya. Sementara citra hasil enkripsi Hill Cipher ori dan Hill Cipher transposisi tidak terlihat perbedaan hasil pengacakannya secara visual.



Gambar-5. Hasil Enkripsi Vigenere Cipher Ori {(a) Lena;(b) Baboon;(c) cyndy}



Gambar-6. Hasil Enkripsi Vigenere Cipher Transposisi {(a) Lena;(b) Baboon;(c) cyndy}

Terlihat bahwa citra hasil enkripsi masih menunjukkan karakteristik citra aslinya, hanya komposisi warnanya saja yang berubah. Optimasi transposisi yang dilakukan memberikan kinerja yang cukup baik karena secara visual citra hasil enkripsi Vigenere Cipher menjadi terlihat jauh lebih acak.

**B. Hasil Pengujian Enkripsi Citra**

Pada tahap ini pengujian hasil enkripsi menggunakan uji loss energy dengan metode DCT yaitu membandingkan citra ter-enkrip dengan citra asli yang sudah dianggap sebagai sinyal diskrit. Pada tahap ini pengujian dilakukan perkomponen R, G dan B pada sebuah citra. Kemudian di rata-rata lalu dibandingkan hasilnya. Makin besar nilainya maka makin acak nilai pada citra yang ter-enkrip.

Tabel 1. Nilai citra hasil enkripsi hill cipher original

Nama	Nilai $\Delta Q_{det}$	Citra Hasil Enkripsi Hill Cipher Original		
	Komponen R	Komponen G	Komponen B	Rata-Rata
Lena	-6.26%	42.51%	38.12%	24.79%
Baboon	18.92%	24.15%	32.95%	25.34%
Cyndy	31.16%	54.23%	62.84%	49.41%

Tabel 2. Nilai citra hasil enkripsi Hill Cipher Transposisi

Nama	Nilai $\Delta Q_{det}$	Citra Hasil Enkripsi Hill Cipher Transposisi		
	Komponen R	Komponen G	Komponen B	Rata-Rata
Lena	-6.26%	42.47%	38.14%	24.77%
Baboon	19.02%	24.09%	33.10%	25.35%
Cyndy	31.00%	53.96%	62.97%	49.27%

Tabel 3. Nilai citra hasil enkripsi Vigenere Cipher Original

Nama	Nilai $\Delta Q_{det}$	Citra Hasil Enkripsi Vigenere Cipher Original		
	Komponen R	Komponen G	Komponen B	Rata-Rata
Lena	16.30%	31.50%	31.82%	26.54%
Baboon	25.48%	27.59%	29.50%	27.53%
Cyndy	24.98%	34.52%	38.26%	32.59%

Tabel 4. Nilai citra hasil enkripsi Vigenere Cipher Transposisi

Nama	Nilai $\Delta Q_{det}$	Citra Hasil Enkripsi Vigenere Cipher Transposisi		
	Komponen R	Komponen G	Komponen B	Rata-Rata
Lena	10.10%	38.33%	35.03%	26.75%
Baboon	24.94%	30.14%	29.42%	28.20%
Cyndy	24.51%	39.75%	44.33%	34.17%

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa nilai DCT rata-rata citra hasil enkripsi pada algoritma Hill Cipher Original lebih besar dibandingkan rata-rata citra hasil enkripsi Hill Cipher dengan optimasi transposisi. Hal itu menunjukkan bahwa optimasi transposisi pada algoritma Hill Cipher sedikit mengurangi keacakan nilai piksel pada citra. Sementara pada algoritma Vigenere Cipher, optimasi transposisi lebih membuat nilai piksel pada citra menjadi lebih acak dibandingkan pada algoritma Vigenere Cipher originalnya.

### C. Hasil Pengujian Dekripsi Citra

Nilai MSE citra hasil dekripsi kedua algoritma yang telah digunakan pada penelitian ini, adalah 0. Semakin kecil nilai MSEnya maka semakin kecil kerusakan pada citranya. Maka dalam penelitian ini citra hasil dekripsi dengan kedua algoritma dengan optimasi transposisi dapat kembali dengan baik karena nilai MSEnya sangat rendah. Maka dalam penelitian ini, citra hasil dekripsi sama persis dengan citra asli dan membuktikan bahwa proses dekripsi berjalan dengan baik.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa secara visual citra hasil enkripsi dengan algoritma Hill Cipher dengan optimasi transposisi menghasilkan citra yang acak dan tidak terbaca pola aslinya. Sedangkan citra hasil enkripsi dengan algoritma Vigenere Cipher dengan optimasi transposisi menghasilkan citra yang masih menunjukkan karakteristik citra aslinya hanya saja komposisi warnanya yang berubah. Pada pengujian hasil enkripsi, optimasi transposisi pada algoritma Hill Cipher mengurangi keacakan nilai piksel pada citra. Sementara pada algoritma Vigenere Cipher, optimasi transposisi lebih membuat nilai piksel pada citra menjadi lebih acak dibandingkan pada algoritma Vigenere Cipher originalnya. Pada pengujian hasil dekrip, citra hasil dekripsi memiliki MSE bernilai 0, hal ini menunjukkan bahwa citra hasil dekrip dapat kembali ke citra awal dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Supriyanto, "Penyandian File Gambar dengan Metode Substitusi dan Transposisi," J. Teknol. Inf., vol. XIII, no. 2, pp. 88–97, 2008.
- [2] M. Miftakul Amin, "Image Steganography Dengan Metode Least Significant Bit (Lsb)," CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal), vol. 6, no. 1, p. 53, 2015, doi: 10.22303/csrid.6.1.2014.53-64.

- [3] M. Husnul Arif and A. Zainul Fanani, "Kriptografi Hill Cipher Dan Least Significant Bit Untuk Keamanan Pesan Pada Citra," CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal), vol. 8, no. 1, p. 60, 2016, doi: 10.22303/csrid.8.1.2016.60-72.
- [4] J. I. Sari, Sulindawaty, and H. T. Sihotang, "Implementasi Penyembunyian Pesan Pada Citra Digital Dengan Menggabungkan Algoritma HILL Cipher Dan Metode Least Significant BIT (LSB)," J. Mantik Penusa, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [5] P. Informatika, B. Darma, and A. Septiarini, "Implementasi Algoritma Kriptografi Hill Cipher Dalam Penyandian Data Gambar," Pelita Inform. Budi Darma, vol. 7, no. 2, pp. 76–81, 2014.
- [6] A.P. Widodo, E.A Sarwoko, E Suharto, and J.F.O Siahaan, "Pengamanan Data Foto pada Perangkat OS Android Menggunakan Teknik Kriptografi Hill Cipher," Jurnal Informatika Sunan Kalijaga (JISKA), Vol.1 No.2, 2016
- [7] R. Sayuti, "Perbandingan Metode Chaotic Josephus Permutation Matrix Dan Metode Kriptografi Hill Cipher Untuk Pengamanan Citra Digital," INA-Rxiv. December 9, 2017, doi:10.31227/osf.io/tgx47.
- [8] S. Doo, S. Tena, and V. Ndolu, "implementasi pengamanan data menggunakan metode kriptografi hill cipher dan steganografi least significant bit (LSB) pada media citra digital", Jurnal Media Elektro (JME), pp. 93 - 99, Oct. 2019.
- [9] D. Sinaga, C. Umam, D. R. I. M. Setiadi et al., "Teknik Super Enkripsi Menggunakan Transposisi Kolom Berbasis Vigenere Cipher Pada Citra Digital," 2018, vol. 14, no. 1, pp. 8, 2018-03-15, 2018.
- [10] L. Andriani, R. Rihartanto, and A. B. W. Putra, "Optimasi Vigenere Cipher Menggunakan Bitswap dan Transposisi Acak pada Citra RGB," Techno.Com, vol. 19, no. 2, pp. 168–177, 2020, doi: 10.33633/tc.v19i2.3322.
- [11] M.Octavianingrum, D.A. Siambaton, and A. F.K Dewi, "Modifikasi Vigenere Cipher Dengan Kunci Geser Metode Enkripsi Blok," Prosiding SENDIKA, Vol.4, No.1, pp. 234–239, 2018
- [12] G. D. Sanjaya, R. Hadi, N. Luh, and G. Pivin, "Kompresi Citra Digital Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform," Prosiding SINTAK, Vol.2, pp. 38–44, 2018.
- [13] R.Krasmala, A.Budimansyah, U. T. Lenggana,, "Kompresi Citra Dengan Menggabungkan Metode Discrete Cosine Transform (DCT) dan Algoritma Huffman," Jurnal Online Informatika (JOIN), Vol.2, No.1, pp. 1–9, 2017.
- [14] A. B. W. Putra, A. F. O. Gaffar, A. Wajiansyah, and I. H. Qasim, "Feature-Based Video Frame Compression Using Adaptive Fuzzy Inference System," Proceeding - 2018 Int. Symp. Adv. Intell. Informatics Revolutionize Intell. Informatics Spectr. Humanit. SAIN 2018, pp. 49–55, 2019, doi: 10.1109/SAIN.2018.8673386.

**Bayu Firmanto**, Meraih gelar sarjana komputer (S.ST) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2009. Kemudian meraih gelar Master (M.T) dari Universitas Brawijaya pada tahun 2016. Saat ini Penulis menjadi dosen program studi Teknik Elektro di Universitas Wisnuwardhana.

Devita Putri Kusuma Ningrum, Saat ini menjadi mahasiswa program studi Teknik Informatika di Politeknik Negeri Samarinda.

Arief Bramanto Wicaksono Putra, Meraih gelar sarjana Teknik (S.S.T) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2006. Kemudian meraih gelar Master (M.T) dari Universitas Brawijaya pada tahun 2014. Saat ini Penulis menjadi dosen program studi Teknik Informatika di Politeknik Negeri Samarinda.