Jurnal Pseudocode 12(2) September 2025, hal. 47-52

ISSN 2355-5920 | e-ISSN 2655-1845
https://ejournal.unib.ac.id/pseudocode/index

Analisis Kualitas Citra Steganografi Berbasis Spasial Pada Metode *Least Significant Bits* dan *Pixel Value Differencing*

Nizar Haris Masruri

Ekonomi Syariah, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, Universitas Islam Negeri Ponorogo, Indonesia

Informasi Naskah:
Diterima: 29 Agustus 2025/ Direview: 29 Agustus 2025/ Direvisi: 30 Agustus 2025/ Disetujui Terbit:01 September 2025
DOI: 10.33369/pseudocode.12.2.47-52
*Korespondensi: nizarhm@iainponorogo.ac.id

Abstract

Steganography is a method in network security systems that functions to hide confidential information by inserting it into other media without changing the authenticity of the information. One of the steganography media is images. Image steganography has two domains: spatial and frequency. The spatial domain works on the pixels of an image, and the frequency domain works on the image frequency. Spatial image steganography is said to be good if the level of stego-image damage is very small. There are several intermediate methods in spatial steganography, namely: LSB, PVD, GLM, EBE, RPE, and others. However, there are two most popular methods, namely LSB (Least Significant Bit) and PVD (Pixel Value Differencing). Therefore, this study aims to test the quality of stego-images produced by these two methods. Testing is carried out using the MSE and PSNR value parameters. A stego-image is considered good when the MSE value is close to 0 and the PSNR value is above 30 dB. From the test data used, this study produced an MSE value of 0.0006 for LSB stego-images and 0.007 for PVD stego-images. The PSNR value was 90 dB for LSB stego-images and 72 dB for PVD stego-images. This study concluded that LSB stego-images have less damage than PVD stego-images, so the researchers recommend using the LSB method in carrying out the steganography process.

Keywords: Spatial;MSE;PSNR;LSB;PVD.

1. Pendahuluan

Komunikasi merupakan kegiatan sehari-hari di dalam kehidupan manusia sebagai sarana untuk saling bertukar informasi baik secara individu maupun berdasarkan kesepkatan kelompok orang [1]. Adanya teknologi komunikasi saat ini nmampu mempermudah manusia untuk saling berkomunikasi walaupun terpisah oleh jarak yang jauh sehingga pertukaran dan peredaran informasi berjalan sangat cepat dan pesat [2]. Sebuah informasi terkadang merupakan informasi yang sangat rahasia, misalkan informasi yang berhubungan dengan keamanan Negara, data-data sebuah instansi, aspek informasi bisnis, ataupun kepentingan lainnya, sehingga tidak jarang informasi-informasi tersebut diminati oleh berbabagi pihak [3]. Adanya hal tersebut, maka dibutuhkan sebuah metode yang digunakan untuk melindungi informasi rahasia tersebut agar tidak mudah diketahui oleh pihak lain.

Keamanan informasi pada komunikasi konvensional terdapat pada pihak yang mengetahui informasi tersebut, namun pada saat ini perpindahan informasi berjalan melalui jaringan yang berupa informasi digital, sehingga teknik yang dibutuhkan untuk merahasiakan informasi tersebut adalah sebuah metode keamanan pada jaringan yang merupakan jalan perpindahan informasi ataupun pada informasinya itu sendiri.

Di dalam sistem keamanan jaringan terdapat cabang ilmu yang mempelajari tentang penyisipan sebuah informasi yang disebut dengan Steganografi [4]. Steganografi adalah upaya untuk menyembunyikan informasi atau pesan ke dalam sebuah penampung atau media tanpa merubahnya, sehingga membuatnya tidak terlihat mencurigakan [5]. Media yang digunakan pada steganografi antara lain adalah gambar, suara dan video. Mereka disebut dengan Cover dan gambar (Citra) merupakan media yang paling banyak digunakan karena memiliki tingkat kesalahan dan redundansi terkecil dari ketiga media tersebut [6]. Steganografi citra adalah proses memodifikasi nilai piksel-piksel citra untuk menyembunyikan informasi [7]. Untuk menyembunyikan informasi, pesan diubah menjadi sebuah bit informasi yang disisipkan ke dalam citra yang secara selektif ditanamkan pada daerah citra yang memiliki banyak variasi warna alami [8]. Terdapat dua domain di dalam steganografi citra yaitu domain spasial dan domain frekuensi. Steganografi berbasis domain spasial didasarkan pada fisik lokasi piksel dalam suatu citra, sedangkan domain frekuensi yaitu medianya (citra) dimanupulasi dan dirubah menjadi frekuensi [9]. Di dalam steganografi citra berbasis spasial terdapat beberapa metode antara lain LSB, RGB Based Steganography, Pixel Value Differencing, Mapping Based Steganography, dan yang lainnya [10].

Menurut Wibisono dkk (2020), metode steganografi citra berbasis domain spasial yang paling popular digunakan adalah LSB dan PVD. Syawal, dkk (2016) melakukan kombinasi kriptografi Vigenere Cipher dengan Steganogafi LSB dan menyimpulkan bahwa aplikasi berjalan dengan lancar dan pesan tidak terlihat di dalam gambar. Arif, dkk (2016)

© UNIBPRESS

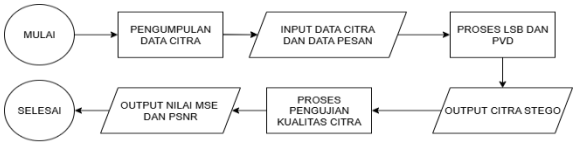
mengkombinasikan kriptografi Hill Cipher dengan Steganografi LSB dengan sample gambar .png, .jpg dan .bmp. Nofriansyah, dkk (2016) mengkombinasikan kriptografi Caesar Cipher dan Steganografi dengan metode PVD pada aplikasi yang dibuatnya. Rahim (2016) menggabungkan algoritma kriptografi klasik yaitu Caesar Cipher dengan steganografi algoritma PVD. Hasugian dkk (2023) menggabungkan algoritma beaufort cipher Dan Lsb2Bit untuk meningkatkan keamanan file teks yang tersembunyi di dalam sebuah citra cover. Kurniawan dkk (2018) menggabungkan enskripsi AES dengan steganografi menggunakan metode LSB. Penelitian ini menggunakan cover paling besar yaitu 107MB untuk media dan 13MB untuk pesan. Mereka menyimpulkan bahwa semakin besar pesan yang disisipkan maka kualitas citra-stego semakin berkurang. Rojali, dkk (2017) menerapkan algoritma steganografi PVD yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas pesan yang disisipkan dan untuk menjaga keamanan data.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya tentang LSB dan PVD, belum menganalisa atau membandingkan citra-stego dari kedua metode tersebut khususnya pada domain spasial yang merupakan kualitas gambar berdasarnya visualisasinya [14] untuk mengetahui metode mana yang memiliki kualitas citra-stego yang lebih baik. Untuk itu penelitian ini akan melakukan pengujian terhadap citra-stego dari metode LSB dan PVD untuk mengetahui kualits citra-stego mana yang lebih baik yang didasarkan pada parameter pengujian-pengujian tertentu.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alur penelitian

Alur pada penelitian ini digambarkan melalui *flowchart* di bawah ini:



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data yaitu citra penampung. Kemudian melakukan penyisipan data teks ke dalam citra penampung menggunakan metode LSB dan PVD. Penyisipan yang dilakukan ke dalam citra penampung menghasilkan citra-stego. Terdapat dua citra-stego yaitu citra-stego LSB dan citra-stego PVD. Kemudia citra-stego tersebut diukur dan diuji menggunakan metode MSE dan PSNR untuk mengetahui tingkat kualitas dari kerusakan citra.

2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini mengunggunakan dua tipe data yaitu data teks (karakter) dan data citra. Data teks merupakan data yang digunakan sebagai pesan yang akan disispkan ke dalam citra cover yang berupa kumpulan karakter yang diinputkan disaat menjalankan program. Sedangkan untuk data citra menggunakan data seperti pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Data citra dari library Matlab

Nama File	Ekstensi	Resolusi (pixel)	Kedalaman bit
Baboon	.png	512x512	24 bit
Lena	.png	512x512	24 bit
Tree	.tiff	256x256	24 bit
Onion	.png	198x135	24 bit
Board	.tif	306x648	24 bit
Arctochare	.png	594x400	24 bit
Pears	.png	732x486	24 bit
Tulips	.png	768x512	24 bit

2.3 Proses Penyisipan Dan Ekstraksi

Tahap ini merupakan implementasi langkah-langkah proses penyisipan pesan ke dalam citra dan proses ekstraksi pesan dari citra-stego pada masing-masing metode yang telah diusulkan. Proses penyisipan dan ekstraksi pesan di asumsikan menggunakan data di bawah ini:

a. Pesan yang dimasukkan: “A”.
b. Citra yang digunakan adalah sampel citra berukuran 2x2 piksel.

Langkah-langkah penyisipan pesan dan ekstraksi ditunjukkan pembahasan di bawah ini:

2.3.1. Least Significant Bits

a. Penyisipan

Langkah-langkah penyisipan dengan LSB adalah sebagai berikut:
1. Mengkonversi “A” ke dalam bentuk biner: 01000001
2. Mengambil nilai RGB citra 2x2 pixel seperti pada Tabel 2. berikut ini:

Tabel 2. Nilai pixel citra-asli

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	80	195	140	96	211
	Pixel 77			Pixel 76	
193	135	230	150	101	218

3. Mengkonversi nilai RGB pada pixel ke dalam biner seperti pada Table 3. berikut ini:

Tabel 3. Nilai citra-cover dalam bentuk biner

	Pixel 74			**Pixel 75**	
01111100	01010000	11000011	10001100	01100000	11010011
	Pixel 77			Pixel 76	
11000001	10000111	11100110	10010110	01100101	11011010

4. Proses penyisipan pesan biner ke dalam citra biner:
   - Red (P_{74}) => | 01111100 | => | 0111110**0** |
   - Green (P_{74}) => | 01010000 | => | 0101000**1** |
   - Blue (P_{74}) => | 11000011 | => | 1100001**0** |
   - Proses dilanjutkan pada pixel selanjutnya.

5. Mendapatkan nilai pixel baru seperti pada Tabel 4. di bawah ini:

Tabel 4. pixel citra-stego hasil LSB

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	81	194	140	96	210
	Pixel 77			Pixel 76	
193	134	230	150	101	218

b. Ekstraksi

Langkah-langkah ekstraksi LSB adalah sebagai berikut:

1. Mengambil nilai pixel citra-stego LSB dengan seperti pada Tabel 5. di bawah ini:

Tabel 5. Nilai pixel citra-stego hasil LSB

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	81	194	140	96	210
	Pixel 77			Pixel 76	
193	134	230	150	101	218

2. Mengkonversi nilai ke dalam biner seperti pada Tabel 6. di bawah ini:

Tabel 6. Nilai biner pixel citra-stego hasil LSB

	Pixel 74			**Pixel 75**	
01111100	0101000**1**	1100001**0**	1000110**0**	0110000**0**	1101001**0**
	Pixel 77			Pixel 76	
11000001	1000011**0**	1110011**0**	1001011**0**	0110010**1**	1101101**0**

3. Mengambil bit terakhir dari setiap channel pixel.
4. Membaginya menjadi 8 bit: 01000001.
5. Mengkorversi ke dalam karakter: “A”.

2.3.2. *Pixel Value Differencing*

a. Penyisipan

Langkah-langkah penyisipan pesan ke dalam citra dengan metode PVD:

1. Mengambil nilai masing-masing channel warna R, G dan B dari semua piksel seperti Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Nilai pixel citra-cover

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	80	195	140	96	211
	Pixel 77			Pixel 76	
193	135	230	150	101	218

2. Menghitung selisih piksel yang bertetangga:
   - Red (P_{74}, P_{75}).
     Mencari selisih di antara dua pixel yang bertetangga:
     - |124-140| => 16
     - Mencari posisi posisi selisih nilai channel R di dalam skema Wu & Tsai:
       Lk=[0 8 16 32 64 128]; Uk=[7 15 31 63 127 255];
       d = 16 ≤ 16 ≤ 31
     - Menghitung daya tampung channel R dari kedua pixel = $Log_2(32-16+1) = 4$
     - Mengambil sebanyak t-bit pesan 4 => 0100
     - Mengkonversi nilai biner pesan (*t)* ke decimal (*b*) => 0100 = 4
     - Menghitung nilai *d* yang baru (d^1):
       dBaru = 16 + 4 = 20
     - Mencari m sebagai pembentuk nilai channel baru:
       m = 20 - 16 = 4
     - Membuat nilai baru untuk channel Red pada pixel (P_{74}, P_{75}):
       Red (P_{74}, P_{75}): (124 - $\lfloor 4/2 \rfloor$, 140 + $\lceil 4/2 \rceil$) => (124 – 2, 140 + 2) => (122, 142)
   - Green ($P_{74,}$ P_{75}).
     - |80-96| => 16
     - Green ($P_{74,}$ P_{75}): (80 - $\lceil 1/2 \rceil$, 96+$\lfloor 1/2 \rfloor$) => (80 – 1, 96+ 0) => (79, 96)
   - Blue ($P_{74,}$ P_{75}).
     - |195-211| => 16
     - Blue ($P_{74,}$ P_{75}): (195 - $\lfloor 4/2 \rfloor$, 211+ $\lceil 4/2 \rceil$) => (195 – 2, 211 + 2) => (193, 213)
   - Proses terus dilakukan hingga pesan habis.

3. Mendapatkan nilai pixel baru seperti pada Tabel 8. di bawah ini:

Tabel 8. pixel citra-stego hasil PVD

	Pixel 74			**Pixel 75**	
122	79	193	142	96	213
	Pixel 77			Pixel 76	
200	143	231	142	93	217

b. Ekstraksi

Langkah-langkah ekstraksi metode PVD sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai pixel citra-stego hasil PVD

	Pixel 74			**Pixel 75**	
122	79	193	142	96	213
	Pixel 77			Pixel 76	
200	143	231	142	93	216

1. Mencari selisih masing-masing channel dari pixel yang bertetangga:
   - Red (P_{74}, P_{75}).
     Membuat 2 blok channel warna Red pada pixel yang bertetanga:

     p = red(1+x,1+y:2+y);

     Mencari selisih *d* nilai antara kedua blok:
     d = p(1,2) - p(1,1);
     d = 122-142 = 20

Menentukan posisi nilai *d* berada batas bawah (Lk) dan batas atas (Uk) tertentu:
Lk = [0 8 16 32 64 128];
Uk = [7 15 31 63 127 255];
(d>=Lk && d<= UK)
Maka di dapatkan Lk=16, Uk=31

Mencari kapasitas pesan yang terdapat pada channel Red kedua pixel:
t = floor(log2(Uk-Lk+1));
t = $\log_2$(31-16+1)=4

Mengambil pesan yang terdapat pada channel Red kedua pixel:
b = d – LK;
b = 20-16 = 4

Membentuk sebanyak *t*-bit dari nilai decimal *b*
k=dec2bin(b,t);
b = t, 4 = 0100

Maka pada channel red pada pixel (P_{74}, P_{75}) terdapat pesan 0100

- Green (P_{74}, P_{75}).
  d=79-96=17
  b=1=0001
- Blue (P_{74}, P_{75}).
  d=193-213=20
  b=4=0100
- Proses dilakukan hingga jumlah bit pesan terkumpul penuh.

2. Menggabungkan nilai biner hasil ekstraksi menjadi satu: 01000001 0100
3. Mengkonversi ke dalam karakter: “A” 0100.

2.4 Proses Pengujian Kualitas Citra-Stego

Tahap ini merupakan implementasi langkah-langkah proses pengujian citra-stego yang dihasilkan dari proses penyisipan data pesan ke dalam citra cover pada masing-masing metode yang telah diusulkan. Proses pengujian di asumsikan seperti langkah-langkah di bawah ini:

2.4.1. MSE

Langkah-langkah pengujian kualitas citra-stego dengan metode MSE:

Tabel 10. Nilai pixel citra-cover

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	81	124	81	124	81
	Pixel 77			Pixel 76	
193	134	193	134	193	134

Tabel 10. Nilai pixel citra-stego

	Pixel 74			**Pixel 75**	
124	80	124	80	124	80
	Pixel 77			**Pixel 76**	
193	135	193	135	193	135

a. Mengambil nilai pixel-1 sampai pixel-n pada citra-cover dan citra-stego:
originalRowSize = size(citra_asli,1);
originalColSize = size(citra_asli,2);

b. Menghitung nilai MSE
mse = sum((channel_citra_asli - channel_citra_stego)^2)/(originalRowSize*originalColSize);

$$mse = \frac{((124+80+195)-(124+81+194))^2+((140+96+210)-(140+96+210))^2+((193+135+232)-(193+134+232))^2+((150+101+218)-(150+101+218))^2}{2.2}$$

$$mse = \frac{(0)^2+(0)^2+(1)^2+(0)^2}{2.2}$$

$$mse = \frac{1}{4}$$

2.4.2. PSNR

Nilai PSNR dapat dihitung ketika nilai MSE sudah diketahui. Adapun perhitungan PSNR masing-masing metode sebagai berikut:

psnr = 10 * log10(maxP^2 / mse);

$$PSNR = 10\log_{10}(\frac{242^2}{0.25})$$

$$PSNR = 10\log_{10}(234{,}256)$$

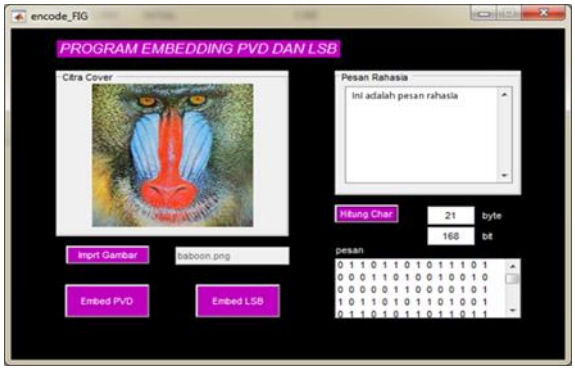
PSNR = 50

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dalam ini penelitian ini adalah citra-stego yang didapatkan dari proses penyisipan teks pada citra cover menggunakan aplikasi steganografi dan nilai MSE dan nilai PSNR yang didapatkan dari pengujian kualitas citra-stego menggunakan aplikasi pengujian citra-stego. Langkah-langkah untuk mendapatkan hasil tersebut adalah dengan menyisipkan pesan/teks pada citra cover melalui aplikasi steganografi, kemudian melakukan ekstraksi pesan untuk memastikan bahwa proses steganografi berhasil. Setelah proses steganografi berhasil, kemudian dilakukan pengujian kualitas citra-stego menggunakan aplikasi pengujian kualitas citra-stego. Untuk teknik steganografi yang dilakukan menggunakan algoritma LSB dan PVD. Kemudian untuk pengukuran kualitas citra-stego menggunakan parameter MSE dan PSNR.

3.1 Penyisipan Pesan

Penyisipan pesan dilakukan dua kali yaitu yang pertama menggunakan algoritma LSB dan yang kedua mengunakan algoritma PVD menggunaan aplikasi steganografi. Berikut proses penyisipan pesan pada citra cover menggunakan aplikasi steganografi:



Gambar 2. Proses penyisipan pesan ke dalam citra cover

Citra cover yang digunakan adalah baboon.png dengan pesan teks berbunyi "ini adalah pesan rahasia". Pesan teks berukuran 168 bit. Proses steganografi dilakukan dua kali yaitu menggunakan algoritma LSB dan PVD sehingga menghasilkan dua citra-stego yaitu citra-stego LSB dan citra-stego PVD seperti gambar di bawah ini:

Gambar 3. Citra-stego LSB

Gambar 4. Citra-stego PVD

3.2 Ekstraksi Pesan

Ekstraksi pesan dilakukan untuk memastikan bahwa proses steganografi berhasil. Proses dilakukan dua kali yaitu ekstraksi pesan pada citra-stego LSB dan ekstraksi pesan pada citra-stego PVD. Berikut proses ekstraksi pesan pada citra-stego:

Gambar 5. Proses ekstraksi pesan dari citra-stego

Ekstraksi pesan yang dilakukan pada kedua citra-stego tersebut telah berhasil, sehingga bisa disimpulkan bahwa proses steganografi telah berhasil.

3.3 Pengujian Kualitas Citra-Stego

Pengujian kualitas citra-stego LSB dan PVD dilakukan menggunakan aplikasi pengujian MSE dan PSNR. Berikut proses pengujian kualitas citra-stego:

Gambar 6. Pengujian pada citra-stego PVD

Gambar 7. Pengujian pada citra-stego LSB

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan citra cover dengan citra-stego LSB dan PVD. Dari hasil kedua pengujian citra-stego diatas, diketahui bahwa citra-stego LSB menghasilkan nilai MSE yang lebih kecil yaitu 0,0006 daripada citra-stego PVD yaitu 0,007 dan LSB memiliki nilai PSNR yang lebih besar yaitu 90dB daripada PVD yaitu 72dB.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada poin 4 dapat disimpulkan bahwa metode steganografi LSB menghasilkan kualitas citra-stego yang lebih baik daripada metode steganografi PVD. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MSE citra-stego LSB lebih kecil daripada nilai MSE citra-stego PVD dan nilai PSNR LSB lebih besar daripada nilai PSNR PVD. Adapun beberapa saran dari penelitian yang telah dilakukan yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya antara lain menggunakan ekstensi citra yang lebih bervariasi, menguji pada domain frekuensi, dan melakukan uji coba dengan teknik *Visual Steganalysis*.

Referensi

1. Watie, E. D. S. (2016). Komunikasi dan media sosial (communications and social media). Jurnal The Messenger, 3(2), 69-74.
2. Yatini, I., & Nurwiyati, F. W. (2017, November). Algoritma Least Significant Bit Untuk Analisis Steganografi. In Seminar Nasional Informatika (SNIf) (Vol. 1, No. 1, pp. 694-699).
3. Sidik, A., Hakim, Z., & Permana, E. A. (2014). Analisis Dan Implementasi Teknik Steganografi Sebagai Fasilitas Pengamanan Proses Pengiriman File Secara Online. JURNAL SISFOTEK GLOBAL, 4(1).
4. Kurniawan, M., & Agustini, S. (2018). Algoritma Steganografi untuk Pengamanan Data Teks ke dalam Citra Digital Menggunakan XOR Sederhana. INTEGER: Journal of Information Technology, 3(2).
5. Syaima'Fadel, A., Saputra, R. D., Fatma, Y., & Putra, R. N. (2024). Analisis keamanan steganografi teks dengan metode lsb (least

significant bit) pada citra digital. Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology), 5(1), 36-41.
6. Adynugraha, G. D., Rumani, M., & Nasrun, M. (2015). Implementasi Kriptografi Dan Steganografi Pada Media Gambar Menggunakan Algoritma Blowfish Dan Metode Least Significant Bit. eProceedings of Engineering, 2(2).
7. Singh, K. U. (2014). A Survey on Image Steganography Techniques. International Journal of Computer Applications, 97(18).
8. Kaur, S., Kaur, A., & Singh, K. (2014). A survey of image steganography. International Journal of Computer Applications Technology and Research, 3(7), 479-483.
9. Syahdilan, A., & Tanjung, M. A. P. (2024). Implementasi Algoritma Discrete Wavelet Transform Untuk Menambahkan Invisible Watermarking Pada Citra Digital. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 8(6), 12205-12217.
10. Swain, G. (2016). A steganographic method combining LSB substitution and PVD in a block. Procedia Computer Science, 85, 39-44.
11. Wibisono, G., Waluyo, T., & Ujianto, E. I. H. (2020). Kajian Metode Metode Steganografi Pada Domain Spasial. JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer), 5(2), 259-264.
12. Rojali, Siahaan, I. S. R., & Soewito, B. (2017, August). Steganography algorithm multi pixel value differencing (MPVD) to increase message capacity and data security. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1867, No. 1, p. 020035). AIP Publishing.
13. Syawal, M. F., Fikriansyah, D. C., & Luhur, N. A. U. B. (2016). Implementasi Teknik Steganografi Menggunakan Algoritma Vigenere Cipher Dan Metode LSB. Jurnal TICom, 4(3).
14. Dewi, R. K., & Munir, R. (2023). Perbandingan Berbagai Metode Steganografi Pada Citra Digital. *Jurnal Informatika Polinema*, *9*(3), 289-230.
15. Arif, M. H., & Fanani, A. Z. (2016). Kriptografi Hill Cipher dan Least Significant Bit untuk Keamanan Pesan pada Citra. CSRID (Computer Science Research and Its Development Journal), 8(1), 60-72.
16. Nofriansyah, D., & Rahim, R. (2016). Combination Of Pixel Value Differencing Algorithm With Caesar Algorithm For Steganography. International Journal of Research In Science & Engineering, 2(6), 153-159.
17. Rahim, R. (2016). Penyisipan Pesan Dengan Algoritma Pixel Value Differencing Dengan Algoritma Caesar Cipher Pada Proses Steganografi. Jurnal TIMES, 5(1), 6-11.
18. Hasugian, A. H., Nasution, Y. R., & Simanjuntak, N. A. (2023). Kombinasi Algoritma Beaufort Cipher Dan Lsb2Bit Untuk Keamanan File Teks. Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik, 6(1), 28-36.