



## IMPLEMENTASI SISTEM STEGANOGRAFI CITRA DENGAN METODE SUBSTITUSI LSB (LEAST SIGNIFICANT BIT)

Veriarinal<sup>1</sup>, Reza Wanandi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya  
Informatika

E-mail: [veriarinal@yahoo.co.id](mailto:veriarinal@yahoo.co.id), [rezawanandi@gmail.com](mailto:rezawanandi@gmail.com)

### **Abstract**

*This research documents the implementation of the Least Significant Bit (LSB) method in digital image steganography using MATLAB. The research aims to create a steganography program using LSB and analyze its efficiency based on PSNR, processing time, and file size. It focuses on digital images in the PNG32 format, utilizing ASCII for text, and explores the application of steganography in concealing messages within digital media such as images and audio. The study includes a table displaying the results of the LSB method on various image files, comparing stego images with different amounts of hidden text. The article also provides a reference list for further reading. The proposed steganography system encompasses encoding and decoding functions, image display on a GUI, as well as PSNR and MSE calculations. Evaluation involves ten different-sized and dimensioned image files, with results recorded in a table. The detailed code used, including loops to manipulate image pixels and store text in binary form, is thoroughly explained. Overall, this proposal offers a comprehensive overview of the implementation and evaluation of the LSB method in digital image steganography using MATLAB..*

**Keyword:** *Least Significant Bit; Peak Signal to Noise Ratio; Steganography, Citra image*

### **Abstrak**

Penelitian ini mendokumentasikan implementasi metode Least Significant Bit (LSB) dalam steganografi pada citra digital menggunakan MATLAB. Penelitian bertujuan membuat program steganografi dengan metode LSB dan menganalisis efisiensinya berdasarkan PSNR, waktu proses, dan ukuran file. Fokusnya adalah pada gambar digital dalam format PNG32, menggunakan ASCII untuk teks, serta penerapan steganografi dalam menyembunyikan pesan pada media digital seperti gambar dan audio. Studi mencakup tabel hasil metode LSB pada berbagai file gambar, dengan perbandingan gambar stego pada jumlah teks tersembunyi yang berbeda. Artikel ini juga menyertakan daftar referensi untuk bacaan lebih lanjut. Sistem steganografi yang diusulkan mencakup fungsi encoding, decoding, tampilan gambar pada GUI, serta perhitungan PSNR dan MSE. Evaluasi dilakukan pada sepuluh file gambar dengan ukuran dan dimensi yang beragam, dicatat dalam tabel. Kode yang digunakan dijelaskan secara rinci, termasuk loop untuk mengubah piksel gambar dan penyimpanan teks dalam bentuk biner. Secara keseluruhan, proposal ini memberikan kajian komprehensif tentang implementasi dan evaluasi metode LSB dalam steganografi citra digital menggunakan MATLAB.

**Kata Kunci :** *Least Significant Bit; Peak Signal to Noise Ratio; Steganography, citra gambar*

### **1. Pendahuluan**

Seiring dengan kemajuan teknologi yang begitu pesat memudahkan seseorang untuk menyampaikan pesan kepada orang lain secara instan. Berbagai cara untuk menyampaikan pesan pun semakin beragam contohnya menggunakan email atau aplikasi pesan instan. Dalam proses pengiriman pesan, penyadapan dapat terjadi, terutama jika pesan yang ingin disampaikan bersifat penting dan rahasia sehingga masalah keamanan menjadi salah satu aspek penting dalam pengiriman data dan informasi digital (Farhani 2022).



Pesan Digital dapat berupa teks, gambar, suara, atau video. Keamanan suatu pesan digital merupakan salah satu hal yang penting untuk dilakukan. Pesan dapat disisipkan dalam suatu media digital. Hal ini tentu saja agar orang lain tidak dapat mengetahui pesan rahasia yang tersimpan dalam pesan digital yang diperuntukan untuk penerima (Atoum 2011).

Salah satu cara yang biasa digunakan untuk mengamankan data digital ini adalah dengan memanfaatkan Steganografi. Steganografi adalah suatu seni untuk menyembunyikan suatu data, dimana data tersebut disembunyikan ke dalam suatu media atau citra digital yang tampak biasa saja (Putro, Berdianto Widyastomo Anggoro 2010). Teknik dalam Steganografi memiliki beberapa metode untuk menyisipkan suatu pesan tersembunyi. satu diantaranya yaitu metode Least Significant Bit (LSB)) merupakan metode yang digunakan dalam domain spasial. (Langi, E.R., Sambul, A.M., and Kambey, F.D. 2021)

Dalam Penelitian I ini akan di implentasikan metode Least Significant Bit (LSB) berdasarkan nilai Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Ukuran citra yang dihasilkan dan kecepatan proses metode. PSNR merupakan nilai perbandingan Citra asli dan Citra hasil Steganografi. Tujuan dilakukan perbandingan ini adalah untuk melihat kualitas serta kecepatan proses kedua metode (Ria, G. 2010).

### **Definisi Steganografi**

Steganografi yaitu suatu cabang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana menyembunyikan suatu informasi rahasia di dalam suatu informasi lainnya, untuk kepentingan politik militer, diplomatik, serta untuk kepentingan pribadi (Za'imatun, N. 2014). Dan sesungguhnya prinsip dasar dalam steganografi lebih di konsentrasikan pada kerahasiaan. Secara teori, semua berkas umum yang ada di dalam komputer dapat digunakan sebagai media tampung, seperti berkas gambar berformat JPEG, GIF, BMP, atau di dalam musik MP3, bahkan di dalam sebuah film dengan format WAV (Darwis 2015). Semua media dapat dijadikan tempat untuk penyisipan, dengan syarat berkas tersebut memiliki bit-bit data redundan yang dapat dimodifikasi. Setelah dimodifikasi berkas media tersebut tidak akan banyak terganggu fungsinya dan kualitasnya tidak akan jauh berbeda dengan aslinya.

Steganografi sendiri adalah suatu ilmu atau seni dalam menyembunyikan informasi dengan memasukkan informasi tersebut kedalam pesan lain. Dengan demikian pesan tersebut tidak diketahui oleh pihak lain. (Prasetyo, Fahri Perdana 2010). Tujuan dari steganografi adalah menyembunyikan keberadaan pesan. Maka dari itu, berbeda dengan teknik kriptografi, dalam teknik ini informasi disembunyikan sedemikian rupa sehingga pihak lain tidak dapat mengetahui adanya pesan rahasia. Menurut (Pranoto B 2011) Pesan rahasia tidak diubah menjadi bentuk karakter unik seperti halnya kriptografi. Pesan tersebut hanya disembunyikan ke dalam suatu media berupa musik, gambar, teks, atau media tampung digital lainnya dan terlihat seperti pesan atau berkas biasa.

Beberapa contoh media penyisipan pesan rahasia yang digunakan dalam teknik Steganography menurut (Kurniawan, I. 2013) antara lain adalah :

- 1) Teks. Dalam algoritma Steganografi yang menggunakan teks sebagai media penyisipannya biasanya digunakan teknik NLP sehingga teks yang telah disisipi pesan rahasia tidak akan mencurigakan untuk orang yang melihatnya.
- 2) Audio. Format ini pun sering dipilih karena biasanya berkas dengan format ini berukuran relatif besar. Sehingga dapat menampung pesan rahasia dalam jumlah yang besar pula.
- 3) Citra. Format ini juga sering digunakan, karena format ini merupakan salah satu format berkas yang sering dipertukarkan dalam dunia internet. Alasan lainnya adalah banyaknya tersedia algoritma Steganografi untuk media penampung yang berupa citra.
- 4) Video. Format ini memang merupakan format dengan ukuran berkas yang relatif sangat besar namun jarang digunakan karena ukurannya yang terlalu besar sehingga mengurangi kepraktisannya dan juga kurangnya algoritma yang mendukung format ini.
- 5) File executable atau program: Pesan rahasia bisa disembunyikan di dalam file executable



atau program dengan memanfaatkan area yang tidak terpakai atau dengan menambahkan instruksi yang tidak dieksekusi.

- 6) Jaringan komunikasi: Pesan rahasia juga bisa disampaikan melalui jaringan komunikasi dengan menyisipkan informasi rahasia di dalam paket data atau dengan menggunakan teknik tertentu pada lalu lintas data.

Teknik tersebut sering digunakan untuk keamanan data tetapi juga biasa dapat disalahgunakan untuk tujuan yang tidak bermoral atau illegal.

### **Citra Digital**

Citra digital merupakan citra elektronik yang diambil dari beberapa jenis dokumen berupa buku, foto, ataupun potongan video dan suara. Proses yang digunakan untuk merubah citra analog menjadi suatu citra digital disebut dengan proses digitasi (Wijaya, H. dan Wilianti, K. 2013). Digitasi yaitu proses mengubah gambar, teks, atau suara yang berasal dari benda dapat dilihat ke dalam data elektronik dan dapat disimpan serta diproses untuk keperluan yang lain.

Citra digital sendiri adalah sebuah representasi numerik (mayoritas biner) dari gambar 2 dimensi. Sebuah gambar dapat didefinisikan sebagai fungsi 2 dimensi  $f(x,y)$  di mana  $x$  dan  $y$  merupakan titik koordinat bidang datar, dan nilai dari fungsi  $f$  dari setiap pasangan titik koordinat  $(x,y)$  yang disebut dengan intensitas atau level keabuan (grey level) dari suatu gambar. Ketika nilai titik  $x,y$  dan nilai intensitas  $f$  terbatas dengan nilai diskrit, maka gambar tersebut dapat dideklarasikan sebagai citra digital. (Nugroho. 2022)

### **ASCII (American Standard Code for Information Interchange)**

American Standard Code for Information Interchange (ASCII) adalah standar yang berlaku diseluruh dunia untuk kode berupa angka yang merepresentasikan karakter - karakter, baik huruf, angka, maupun simbol yang digunakan oleh komputer.

ASCII merupakan kode standar yang digunakan dalam pertukaran informasi pada Komputer dan memiliki tabel kode yang memuat karakter - karakter untuk diolah komputer. (Naharuddin, A. 2018)

### **Metode Steganografi Least Significant Bit (LSB)**

Teknik Steganografi dengan menggunakan metode modifikasi Least Significant Bit (LSB) adalah teknik yang paling sederhana, pendekatan yang sederhana untuk menyisipkan informasi di dalam suatu citra digital (medium cover) (Putraa, I 2022) Jika konversi suatu media gambar yang merekonstruksi pesan yang sama dengan aslinya (lossless compression) ke JPEG yang lossy compression, dan ketika dilakukan kembali akan menghancurkan informasi yang tersembunyi dalam LSB. Pada struktur biner, ada bit yang paling berarti (Most Significant Bit atau MSB) dan bit yang paling kurang berarti (Least Significant Bit atau LSB).

Contoh : [ 1 1 0 1 0 0 1 0 ]

Bit pada digit pertama merupakan MSB, dan bit pada digit terakhir merupakan LSB. Bit yang cocok untuk diganti adalah bit LSB, sebab perubahan tersebut hanya mengubah nilai byte satu lebih tinggi atau satu lebih rendah dari nilai sebelumnya.

Untuk menyembunyikan suatu gambar dengan LSB, pada setiap byte dari gambar 24-bit dapat disimpan 3 byte dalam setiap piksel. Gambar 1,024 x 768 mempunyai potensi untuk disembunyikan seluruhnya dari 2,359,296 bit pada informasi.

### **Mean Signal Error dan Peak Signal to Noise Ratio**

Dalam citra digital terdapat suatu standar pengukuran error atau galat pada kualitas citra, yaitu besar PSNR dan MSE.

PSNR merupakan perhitungan yang menentukan nilai dari sebuah citra yang dihasilkan. Nilai PSNR ditentukan oleh besar atau kecilnya nilai MSE yang terjadi pada citra. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik pula hasil yang diperoleh pada tampilan



citra hasil. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR, maka akan semakin banyak derau yang ada pada tampilan citra hasil. Satuan nilai dari PSNR sama seperti MSE, yaitu decibel atau dengan singkatan dB. Hubungan antara nilai PSNR dengan nilai MSE adalah semakin besar nilai PSNR, maka akan semakin kecil nilai MSE-nya. PSNR secara umum digunakan untuk mengukur kualitas pada penyusunan ulang citra. Hal ini lebih mudah didefinisikan dengan Mean Square Error MSE. (Kurniawan, 2013)

MSE merupakan kesalahan kuadrat rata-rata. Nilai MSE didapat dengan membandingkan nilai selisih piksel-piksel citra asal dengan citra hasil pada posisi piksel yang sama. Semakin besar nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin buruk. Sebaliknya, semakin kecil nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin baik.[9]

Misal  $f(x,y)$  adalah citra masukan  $g(x,y)$  adalah citra keluaran (stego image), keduanya memiliki M baris dan N kolom, maka didefinisikan sebagai berikut :

MSE =

Rumus untuk menghitung PSNR adalah: PSNR =

Dimana :  $x$  = ukuran baris dari gambar  $y$  = ukuran kolom dari gambar

$f$  = matriks gambar awal

$g$  = matriks gambar hasil

### MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh The MathWorks. MATLAB memungkinkan manipulasi matriks, menampilkan plot fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan peng-antarmuka-an dengan program dalam bahasa lainnya. Meskipun hanya bernuansa numerik, sebuah kotak kakas (toolbox) yang menggunakan mesin simbolik MuPAD, memungkinkan akses terhadap kemampuan aljabar komputer. Sebuah paket tambahan yaitu Simulink, menambahkan simulasi grafis multiranah dan Desain model untuk sistem terlekat dan dinamik (Primawati 2023).

## 2. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan empat berkas citra Batik Bentean dalam format Portable Network Graphics (PNG) dengan beragam ukuran dan dimensi atau resolusi yang akan digunakan sebagai bahan uji coba yang dapat dilihat pada tabel 2.2 dan gambar 2.1

TABEL 2.1

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat dan Bahan	Keterangan Spesifikasi
1	• <i>Processor</i> : Intel® Core™ i3 M370
1	Komputer <ul style="list-style-type: none"><li>• Kartu Grafis : Nvidia</li><li>• Memori : 6144MB (6GB)</li></ul>
2	Windows 10
3	Matlab R2019a
	Sistem Operasi yang digunakan Bahasa Pemrograman yang digunakan
4	<i>Image ibrary</i> Matlab yang digunakan untuk menangani <i>Processing</i>

pemrosesan pada gambar

TABEL 2.2

FILE GAMBAR UNTUK UJI COBA

No.	Nama berkas	Ukuran berkas (KB)	
Dimensi			
1	Gambar 1.png	106 KB	1200 × 675
2	Gambar 2.png	114 KB	826 × 490

No	Jenis Gambar PNG32	Ukuran Berkas	Dimensi
1	 Gambar 1	106 kb	1200 x 675
2	 Gambar 2	114 kb	826 x 490

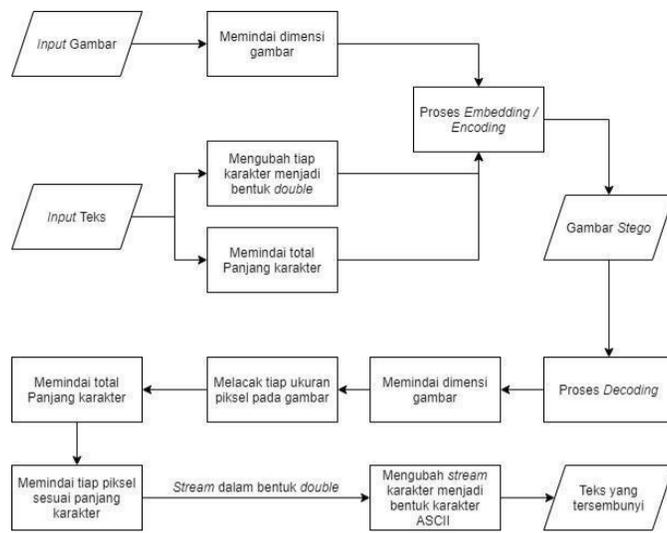
Gambar 2.1 Objek Uji Coba

### Prinsip kerja sistem

Secara umum proses kerja dari sistem pada kedua metode yang akan dibuat mulai dari pemrosesan input sampai pada output yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram blok yang ada pada gambar 2. Pada gambar 2 memperlihatkan adanya dua input yaitu berupa gambar dan teks atau pesan.

Gambar yang dimasukkan akan dipindai kemudian dibagi menjadi per dimensi dari gambar beserta ukuran per dimensinya. Pada tahap input teks dipindai panjang teks yang dimasukkan dan tiap karakter di ubah menjadi bentuk double agar dapat disisipkan kedalam gambar pada proses encoding atau embedding. Pada proses Encoding dilakukan proses modifikasi tiap data pada dimensi piksel dengan menambahkan nilai karakter yang sudah dirubah dan menetapkan berapa banyak atau total panjang teks pada salah satu dimensi piksel agar dapat dilacak pada prosesi decoding. Setelah selesai prosesi encoding akan

menghasilkan gambar yang sudah dimodifikasi atau disebut dengan istilah stego image.



Gambar 2.2 struktur kerja system

Pada tahapan decoding proses pertama yaitu dengan memindai ukuran atau dimensi gambar dari stego image kemudian melacak tiap ukuran dari dimensi piksel. Kemudian melacak total panjang teks yang tersimpan pada dimensi gambar stego. Setelah didapatkan berapa total panjang teks proses selanjutnya yaitu melakukan pemindaian pada tiap piksel sesuai panjang karakter yang ditetapkan, hal ini untuk mendapatkan informasi karakter yang tersisip secara tepat dan efisien. Setelah tiap karakter yang masih dalam bentuk double sudah terlacak akan di lakukan prosesi merubah stream dari karakter tersebut menjadi bentuk karakter kembali dan dari situlah didapatkan deretan teks yang tersembunyi dari gambar stego yang dihasilkan dari proses sistem ini

### 3. Hasil dan pembahasan Implementasi

Implementasi merupakan tahap pengkodean untuk merancang sistem Steganografi yang membandingkan dua Metode. Pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana proses- proses yang telah dirancang dan dibangun untuk metode Least Significant Bit dan Discrete Wavelet Transform pada Steganografi menggunakan bahasa pemrograman MATLAB.

Struktur kode utama berisi kode Antarmuka beserta kode perintah yang membuat sistem dapat berjalan contohnya fungsi callback. Struktur fungsi-fungsi dalam berkas analisa\_steganografi.m dapat dilihat pada tabel III..

Table 3.1 Struktur kode utama

No.	Kode Fungsi	Keterangan
1	Cover Image dan Teks	Fungsi untuk memasukkan gambar dan teks
2	Pengurangan Jumlah Bit	Fungsi untuk mengurangi jumlah tampung penampung dari 255 menjadi 254
3	Proses Encoding gambar	Proses pemasukkan teks pada gambar
4	Simpan Gambar encoding	Menyimpan gambar hasil encoding
5	Memuat gambar stego untuk Memuat Gambar	di decode
6	Proses Decoding	Proses pengambilan teks dari gambar stego



- 7 Menampilkan Gambar Menampilkan gambar sebelum dan sesudah di proses
- 8 Fungsi Bersihkan Membersihkan panel pada GUI Kalkulasi PSNR
- 9 dan MSE hitung nilai PSNR dan MSE untuk melihat performa masing- masing metode
- 10 Kalkulasi Waktu Menghitung lama proses Kalkulasi PSNR  
 masing- masing metode

### Hasil Pengukuran Gambar

Berikut ini merupakan contoh perbandingan gambar yang dihasilkan dengan metode LSB pada berkas gambar 1 dan 2 dengan memasukkan 5000, 10000, 15000, 20000, 30000 jumlah pesan karakter. Dengan menggunakan metode pengukuran PSNR dan MSE.

Tabel Gambar 3.1

Sample Gambar		Panjang karakter	MSE	PSNR	Waktu Proses	Resolusi	Hasil Ektrasi
No	Nama file						
1	Gambar 1	5000	0.035	63.785	7.5	1200 x 675	Valid
2	Gambar 1	10000	0.035	63.785	16.1	1200 x 675	Valid
3	Gambar 1	15000	0.035	63.797	26.4	1200 x 675	Valid
4	Gambar 1	20000	0.034	63.840	39.0	1200 x 675	Valid
5	Gambar 1	30000	0.034	63.965	64.6	1200 x 675	Valid

Tabel Gambar 3.2

Sample Gambar		Panjang karakter	MSE	PSNR	Waktu Proses	Resolusi	Hasil Ektrasi
No	Nama file						
1	Gambar 1	5000	0.217	54.799	6.3	826 x 490	Valid
2	Gambar 1	10000	0.213	54.868	13.6	826 x 490	Valid
3	Gambar 1	15000	0.210	54.941	23.6	826 x 490	Valid
4	Gambar 1	20000	0.206	55.008	34.4	826 x 490	Valid
5	Gambar 1	30000	0.198	55.196	61.9	826 x 490	Valid

Pada kedua tabel PSNR dan MSE di atas menunjukkan nilai derau yang dihasilkan dari proses steganografi terhadap gambar keluaran yang dihasilkan. Metode LSB menghasilkan gambar dengan derau yang lebih sedikit. hal ini dapat dilihat dengan besarnya nilai PSNR dan MSE dari tabel keempat dimana semakin besar nilai PSNR (mendekati nilai 99) dan semakin kecil nilai MSE (mendekati nilai 0) maka derau yang dihasilkan lebih sedikit.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan evaluasi kinerja, dapat disimpulkan bahwa metode LSB dalam teknik steganografi pada citra digital menggunakan MATLAB dapat berhasil menyembunyikan data rahasia dengan baik. Namun, perlu diperhatikan bahwa tingkat keberhasilan dan kualitas citra stego sangat tergantung pada faktor-faktor seperti ukuran citra, kapasitas penyembunyian yang digunakan, dan pengolahan citra yang dilakukan.



## REFERENSI

- Atoum, M.S., Al-Rababah, O.A. and Al-Attili, A.I. 2011. New Technique for Hiding Data in Audio File. *International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol. 11, No. 4, pp. 183-187. Atoum, M.S., Al-Rababah, O.A. and Al-Attili, A.I.... - Google Scholar
- Darwis, D. 2015. Implementasi Steganografi pada Berkas Audio Wav untuk Penyisipan Pesan Gambar Menggunakan Metode Low Bit Coding. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*. Vol, 5. No. 1.
- Farhani, Wirda Sri, and Aggrivina Dwiharzandis. "Steganografi metode least significant bit (lsb) pada mpeg spatial audio object coding." *Rang Teknik Journal* 5.2 (2022): 364-368.
- Kurniawan, I. 2013. Implementasi dan Studi Perbandingan Steganografi pada File Audio WAVE Menggunakan Teknik Low-Bit Encoding dengan Teknik End Of Life. *Journal of Informatics and Technology*, Vol 2, No 3, Tahun 2013, p 1-12.
- Langi, E.R., Sambul, A.M., and Kambey, F.D. 2021. Perbandingan Metode Least Significant Bit dan Discrete Wavelet Transform dalam Teknik Steganografi pada Citra Batik Bentenan. Skripsi Program S1 Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Naharuddin, A. 2018. Steganografi Teks Menggunakan Pemetaan Digit Biner Pada Karakter ASCII Untuk Keamanan Plain Text. Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, Catur. "Steganografi Pada Pengiriman Teks Pesan Gambar dengan Metode Least Significant Bit & Steghide." *Jurnal Ilmu Siber (JIS)* 1.4 (2022): 113-116.
- Pranoto, B. 2011. Steganografi Pada Citra Digital Menggunakan Metode Spread Spectrum dan Metode Least Significant Bit Modification. Tugas Akhir Program S1 Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru
- Prasetyo, Fahri Perdana. "Steganografi menggunakan metode LSB dengan software Matlab." (2010).
- Putraa, I. Gusti Ngurah Bagus Pramana, et al. "Penerapan Steganography Untuk Perlindungan Hak Cipta Menggunakan Metode Least Significant Bit (LSB)." *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana* p-ISSN 2301 (2022): 5373.
- Putro, Berdianto Widyastomo Anggoro, and Febriani Febriani. "Aplikasi Watermarking Dengan Metode Least Significant Bit Menggunakan Matlab." *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer* 21.3 (2017).
- Primawati, Alusyanti, et al. "Terapan Metode Least Significant Bit untuk Deteksi Keaslian e-Sertifikat." *Faktor Exacta* 16.3 (2023).
- Ria, G. 2010. Studi Perbandingan Steganografi pada Audio, Video, dan Gambar. Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Bandung.
- Wijaya, H. dan Wilianti, K. 2013. Penyisipan Teks dengan Metode Low Bit Coding Pada Media Audio Menggunakan Matlab 7.7.0. *Jurnal TICOM*. Vol. 1, No. 3, pp. 28-35.
- Za'imatun, N., and Steganografi Berbasis Least Significant Bit. "Steganografi Berbasis Least Significant Bit (LSB) Untuk Menyisipkan Gambar Ke Dalam Citra Gambar." *Faktor Exacta* 5.2 (2014).