

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER**  
**PALCOMTECH**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN METODE MODIFIED LEAST SIGNIFI-  
CANT BIT DAN TEKNIK MODIFICATION RESHAPE  
TRANSPOSISI UNTUK STEGANOGRAFI**



**Diajukan oleh:**

**YODA HERSAPUTRA**

**011160053**

**Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat  
Mencapai Gelar Sarjana Komputer**

**PALEMBANG**

**2021**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER**  
**PALCOMTECH**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN METODE MODIFIED LEAST SIGNIFI-  
CANT BIT DAN TEKNIK MODIFICATION RESHAPE  
TRANSPOSISI UNTUK STEGANOGRAFI**



**Diajukan oleh:**

**YODA HERSAPUTRA**

**011160053**

**Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat  
Mencapai Gelar Sarjana Komputer**

**PALEMBANG**

**2021**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER**  
**PALCOMTECH**

---

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI**

**NAMA** : YODA HERSAPUTRA  
**NOMOR POKOK** : 011160053  
**PROGRAM STUDI** : S1 INFORMATIKA  
**JENJANG PENDIDIKAN** : STRATA SATU (S1)  
**JUDUL** : PEMANFAATAN METODE MODIFIED LEAST  
SIGNIFICANT BIT DAN TEKNIK  
MODIFICATION RESHAPE TRANSPOSISI

**Tanggal: 13 Februari 2021**  
**Pembimbing**

**Mengetahui,**  
**Ketua**

**Guntoro Barovich, S.Kom., M.Kom.**  
**NIDN: 0201048601**

**Benedictus Effendi, S.T., M.T.**  
**NIP : 09.PCT.13**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER  
PALCOMTECH**

---

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI**

**NAMA : YODA HERSAPUTRA**  
**NOMOR POKOK : 011160053**  
**PROGRAM STUDI : S1 INFORMATIKA**  
**JENJANG PENDIDIKAN : STRATA SATU (S1)**  
**JUDUL : PEMANFAATAN METODE MODIFIED LEAST  
SIGNIFICANT BIT DAN TEKNIK  
MODIFICATION RESHAPE TRANSPOSISI**

**Tanggal : 16 Februari 2021**  
**Penguji 1**

**Tanggal : 16 Februari 2021**  
**Penguji 2**

**Benedictus Effendi, S.T., M.T.**  
**NIDN : 0221027002**

**Surahmat, S.Kom., M.Kom.**  
**NIDN : 0217058703**

**Menyetujui,**  
**Ketua**

**Benedictus Effendi, S.T., M.T.**  
**NIP : 09.PCT.13**

## **Motto Dan Persembahan**

### **MOTTO :**

*Orang - orang yang berhenti belajar*

*Akan menjadi pemilik masa lalu.*

*Orang-orang yang masih terus belajar, akan menjadi pemilik masa depan*

.

(Mario Teguh)

### **Mempersembahkan kepada :**

- Ayah dan Ibu yang selalu mendo'akan.
- Saudara-saudarku yang selalu memberi semangat.
- Pembimbing yang selalu sabar saat membimbing.
- Teman-teman seperjuangan yang selalu mensupport.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kehadiran Allah yang telah memberikan rahmat, kesehatan serta kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penelitian dengan judul **“Pemanfaatan Metode Modified Least Significant Bit dan Teknik Modification Reshape Transposisi untuk Steganografi”** dan saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua STMIK Palcomtech Palembang Bapak Benedictus Effendi, S.T., M.T.
2. Bapak Alfred Tenggono, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S1 Informatika STMIK Palcomtech Palembang,
3. Bapak Guntoro Barovich, S.Kom., M.Kom., selaku pembimbing di STMIK Palcomtech Palembang,
4. Kedua orang tua, dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan dorongan semangat dalam menyelesaikan laporan ini.

Akhir kata, semoga penulisan laporan skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

**Palembang, 16 Februari 2021**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Ruang Lingkup .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian .....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II GAMBARAN UMUM PERANGKAT LUNAK</b>	
2.1 Fenomena Perangkat Lunak Yang dibuat .....	6
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b>	
3.1 Citra Digital .....	8

3.2	Steganografi .....	9
3.3	<i>Modified Least Significant Bit (MLSB)</i> .....	9
3.4	Modifikasi pada proses penyisipan pesan .....	13
3.4.1	<i>Reshape</i> citra .....	14
3.4.2	Teknik Transposisi Pola Spiral .....	14
3.4.3	Proses penyisipan dengan metode LSB .....	15
3.5	Penelitian Terdahulu .....	16
3.6	<i>Activity Diagram</i> .....	20
3.7	<i>Use Case Diagram</i> .....	22
3.8	<i>Flowchart Diagram</i> .....	24

#### **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1	Waktu Penelitian .....	26
4.2	Jenis Penelitian .....	27
4.3	Sumber Data .....	27
4.4	Analisis dan Perancangan .....	28
4.4.1	Analisis Data .....	28
4.4.2	Perancangan Sistem .....	28
4.5	Pengujian .....	29
4.5.1	Aspek Mutu ( <i>Fidelity</i> ).....	29
A.	MSE ( <i>Mean Square Error</i> ) .....	29
B.	PSNR ( <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> ) .....	29
4.5.2	Tingkat Ketahanan ( <i>Robustness</i> ) .....	30
4.5.3	Pengujian Terhadap Perbandingan Isi Pesan .....	31

#### **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

5.1	Hasil Analisis .....	32
5.1.1	<i>Reshaping</i> pada Citra .....	32
A.	Dimensi Citra .....	32
B.	Informasi Jumlah Tingkatan pada Citra .....	33
C.	Proses <i>reshaping</i> .....	35



5.1.2 Konversi MLSB menjadi 5 bit .....	39
5.1.3 Penyisipan LSB pada citra .....	40
5.1.4 Ekstraksi pesan LSB pada citra .....	41
5.2 Pembahasan .....	42
5.2.1 Program yang Dihasilkan .....	42
5.2.2 Pengujian .....	43
5.2.3 Hasil Pengujian .....	44
5.2.3.1 Hasil Pengujian Berdasarkan Objek Citra yang Berbeda .....	44
5.2.3.2 Hasil Pengujian Berdasarkan Tipe <i>File</i> yang Berbeda .....	46
5.2.3.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Panjang Pesan .....	47
5.2.3.4 Hasil Pengujian Tingkat Ketahanan ( <i>Robustness</i> )	48

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan .....	52
6.2 Saran .....	52

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xiv</b>
-----------------------------	------------

<b>HALAMAN LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
-------------------------------	-------------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Point Selection</i> dan <i>Directional Selection</i> .....	6
Gambar 2.2 <i>Use Case Diagram</i> Steganografi .....	7
Gambar 3.1 Ilustrasi Penyimpanan Data Rahasia ke dalam Media Digital .....	9
Gambar 3.2 Penyisipan LSB pada 1 Piksel Warna .....	10
Gambar 3.3 Alur Proses Penyisipan Pesan dengan Metode MLSB .....	13
Gambar 3.4 <i>Reshaping</i> Citra Dua Dimensi .....	14
Gambar 3.5 Dimensi Citra Sebelum dan Setelah <i>Reshaping</i> .....	15
Gambar 3.6 Penyisipan 5 Bit Data dengan Metode LSB .....	15
Gambar 3.7 Mengembalikan Dimensi Citra .....	16
Gambar 5.1 Citra Tegak Lurus .....	32
Gambar 5.2 Citra Mendatar .....	33
Gambar 5.3 Citra 3x3 .....	34
Gambar 5.4 Koordinat pada Citra .....	35
Gambar 5.5 Nilai Minimal dan Maksimal pada Citra 4x4 .....	37
Gambar 5.6 Alur Proses <i>Generate Coordinate by Point</i> .....	38
Gambar 5.7 Tampilan Program Dihasilkan .....	42
Gambar 5.8 Tampilan Informasi Penyisipan Pesan .....	42
Gambar 5.9 Sampel Citra Uji .....	43
Gambar 5.10 Hasil Perbandingan Pesan Asli Sebelum dan Sesudah Ekstraksi .....	45
Gambar 5.11 Perbandingan Citra Asli dengan Citra hasil Penyisipan .....	45
Gambar 5.12 Ciri kerusakan pesan hasil ekstraksi pada pengujian yang gagal .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Control Symbol</i> .....	10
Tabel 3.2 Penelitian Terdahulu .....	16
Tabel 3.3 Simbol <i>Activity</i> .....	20
Tabel 3.4 Simbol <i>Use Case</i> .....	22
Tabel 3.5 Simbol <i>Flowchart</i> .....	24
Tabel 4.1 Jadwal Penelitian .....	26
Tabel 4.2 Nilai PSNR .....	30
Tabel 4.3 Pengujian Serangan Citra Hasil .....	31
Tabel 5.1 ABCD <i>Rule Point</i> .....	36
Tabel 5.2 Poin-poin Pengujian .....	44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Objek Citra yang Berbeda .....	44
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berdasarkan Tipe File yang Berbeda .....	46
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berdasarkan Panjang Pesan .....	47
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Kecerahan .....	48
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Ketajaman .....	49
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Rotasi .....	50
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap <i>Resize</i> (Skala) .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Formulir Surat Persetujuan Topik dan Judul (*fotocopy*)
2. Lampiran Formulir Konsultasi Skripsi (*fotocopy*)
3. Lampiran Surat Pernyataan (*fotocopy*)
4. Lampiran Formulir Revisi Ujian Proposal (*fotocopy*)
5. Lampiran Formulir Revisi Ujian Komprehensif (Asli)
6. *Listing Code*

## **ABSTRACT**

Yoda Hersaputra. *The Utilization of Modified Least Significant Bit and Modification Reshape Transposition Technique for Steganography.*

*This study aims to enter messages using the modified least significant bit (MLSB) method as message encryption and modification techniques to reshape the spiral pattern transposition as a determinant of where the message will be inserted. The test was carried out to determine the ability of the MLSB method and modification reshape transposition technique in maintaining the integrity of the message without the slightest damage to the message. The results showed that the combination of the MLSB method and modification reshape transposition technique can be a strong combination with the MLSB encryption method and the insertion of the spiral pattern which is the key to message insertion.*

***Keyword - steganography, mlsb., reshape, re-wrapping.***

## ABSTRAK

Yoda Hersaputra. *Pemanfaatan Metode Modified Least Significant Bit dan Teknik Modification Reshape Transposisi untuk Steganografi.*

Penelitian ini bertujuan untuk menyisipkan pesan dengan menggunakan metode *modified least significant bit* (MLSB) sebagai peng-enkripsi pesan dan teknik *modification reshape* transposisi pola spiral sebagai penentu di bagian mana pesan akan disisipkan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan metode MLSB dan teknik *modification reshape* dalam menjaga keutuhan pesan tanpa adanya kerusakan sedikitpun pada pesan. Hasil penelitian menunjukkan penggabungan metode MLSB dan teknik *modification reshape* dapat menjadi kombinasi yang kuat dengan metode enkripsi MLSB dan penyisipan pola spiral yang menjadi kunci penyisipan pesan.

***Kata kunci – steganografi, mlsb, reshape, re-wrapping***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya sistem informasi yang terjadi di masyarakat, tidak luput dari tindak kejahatan, seperti pencurian informasi penting yang dapat merugikan pihak-pihak tertentu. Keamanan data merupakan hal penting yang harus ada dan diterapkan untuk menjaga data tetap aman dan tidak disalahgunakan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Salah satu teknik keamanan data yang dapat dijadikan alternatif untuk menyisipkan pesan rahasia yaitu steganografi. Steganografi yang dikenal dengan teknik menyisipkan pesan rahasia ke wadah citra digital.

Salah satu metode steganografi citra digital adalah metode *Modified Least Significant Bit* (MLSB) adalah metode pengembangan dari *Least Significant Bit* (LSB). Pada metode ini bilangan 8 bit (ASCII) akan dikonversi menjadi bilangan 5 bit. Kemudian dilakukan proses penyisipan ke dalam citra (*image*) berformat bmp, jpeg, png dan tiff. Waktu komputasi untuk menyisipkan pesan bergantung pada panjang pesan yang disisipkan. Semakin besar ukuran pesan, waktu yang dibutuhkan untuk penyisipan semakin lama. Citra sebelum dan sudah penyisipan tidak terjadi perubahan sama sekali.

Pada penelitian ini data yang disisipkan berupa pesan teks. Dalam penyisipannya mula-mula pesan akan dikonversikan dari 8 bit menjadi 5 bit ke dalam media citra 24 bit sebagai wadah penampung pesan. Bit yang telah dikonversi akan disisipkan ke dalam media citra 24 bit menggunakan metode LSB. Hasilnya berupa *Stego Object*. *Stego object* inilah yang akan dikirim kepada pihak kedua untuk diekstrak kembali.

Penelitian ini tidak hanya fokus pada Metode LSB yang dimodifikasi. Proses yang dimodifikasi yaitu *reshape* citra yang pada umumnya proses *reshape* mengubah citra 2 dimensi menjadi vektor 1 dimensi, citra  $M \times N$  menjadi vektor  $1 \times N$  (disusun memanjang). Modifikasi *reshape* citra dengan teknik transposisi pola spiral yang dilakukan membagi bagian citra menjadi beberapa *level* atau lebih, dimana pesan mulai disisipkan pada *level* terluar sampai *level* paling dalam citra. Dengan kata lain, pola penyisipan pesan disisipkan secara spiral. Tujuan memodifikasi proses *reshape* citra yaitu membuat posisi pesan yang disisipkan semakin acak dan tidak mudah terbaca informasi yang dirahaskan. Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis akan mengangkat sebuah judul **“Pemanfaatan Metode Modified Least Significant Bit dan Teknik Modification Reshape Transposisi untuk Steganografi”**.



## 1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan pokok yaitu “Bagaimana menerapkan metode MLSB serta memodifikasi proses *reshape* dengan teknik transposisi dalam penyisipan pesan teks”.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode enkripsi pesan dengan MLSB (*Modified Least Significant Bit*).
2. Proses *reshape* citra dengan teknik transposisi untuk menentukan di bagian mana pesan akan disisipkan.
3. Algoritma steganografi akan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman python.

## 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah menyisipkan pesan teks ke dalam media citra menggunakan metode MLSB dan transposisi dengan pola spiral untuk membuat posisi pesan yang disisipkan semakin teracak dan meningkatkan keamanan informasi yang dirahasiakan.

### 1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini menghasilkan teknik steganografi dengan penggabungan MLSB dan teknik transposisi pola spiral dalam penyandian pesan teks ke dalam media citra penampung dan memberikan keamanan lebih dalam menyembunyikan data penting untuk terhindar nya dari tindak kejahatan dari pihak yang tidak bertanggung jawab.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir dengan judul **“Pemanfaatan Metode Modified Least Significant Bit dan Teknik Modification Reshape Transposisi untuk Steganografi”** secara garis besar disusun dalam enam bab, sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membuat tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II GAMBARAN UMUM PERANGKAT LUNAK**

Bab ini membuat tentang penjelasan secara umum mengenai pengoperasian perangkat lunak berbasis desktop dalam penerapan sistem.

### **BAB III TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membuat tentang teori-teori yang menjelaskan tentang teknik steganografi yang digunakan, yaitu teknik *Modified Least Significant Bit* (MLSB) dalam mengenkripsi pesan, dan teknik *reshaping* untuk menentukan di bagian mana pesan akan disisipkan.

#### **BAB IV METODE PENELITIAN**

Bab ini membuat tentang waktu penelitian, jenis penelitian, sumber data, analisis dan perancangan sistem dan metode pengujian.

#### **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

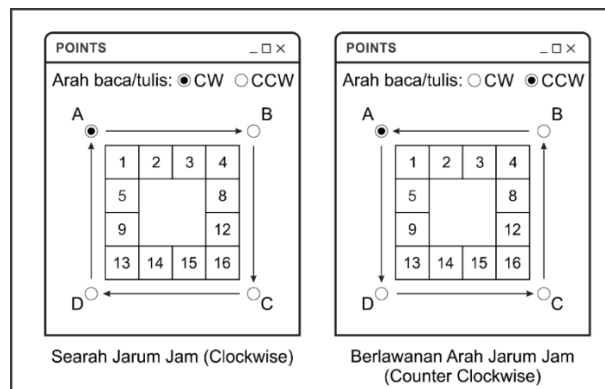
Bab ini membuat tentang hasil analisis pada teknik *Modified Least Significant Bit* (MLSB), *reshaping* citra dan hasil pengujian.

## BAB II

### GAMBARAN UMUM PERANGKAT LUNAK

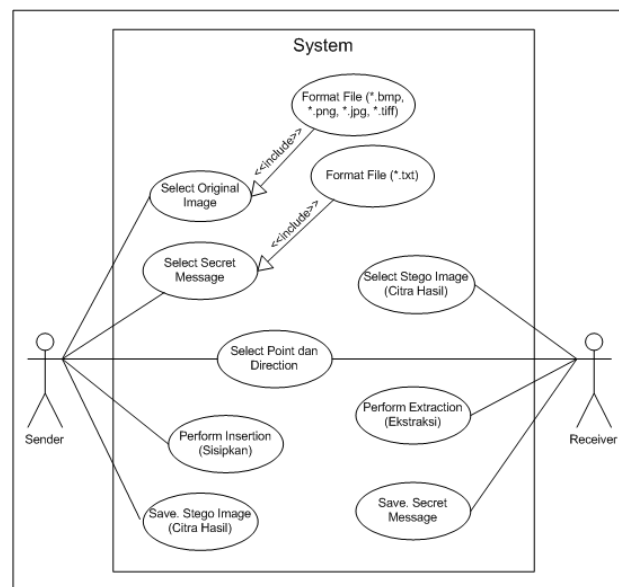
#### 2.1 Fenomena

Proses penyisipan dan ekstraksi pesan dilakukan secara spiral. Teknik spiral dapat ditentukan di bagian mana penyisipan dimulai dan arah ke depan (*forward*) atau kebalikan (*backward*). Pada perangkat lunak terdapat *Point Selection*, diantaranya (A, B, C dan D). Point tersebut untuk menentukan di bagian penyisipan dan ekstraksi dimulai. Terdapat juga *Directional Selection*, yaitu searah jarum jam (*Clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clockwise*). Opsi tersebut untuk menentukan arah penyisipan atau ekstraksi memutar ke kanan atau memutar ke kiri. Berikut ilustrasi *point selection* dan *directional selection*.



**Gambar 2.1** Ilustrasi *point selection* dan *directional selection*

Gambar diatas merupakan ilustrasi pemilihan *point* dan *direction*. Penyisipan atau ekstraksi pada opsi *Clockwise* (CW) dilakukan dari titik A-B-C-D dengan titik koordinat yang dihasilkan 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 15, 14, 13, 9, 5 dan opsi *Counter Clockwise* (CCW) penyisipan dan ekstraksi dilakukan dari titik A-D-C-B dengan titik koordinat yang dihasilkan 1, 5, 9, 13, 14, 15, 16, 12, 8, 4, 3, 2, 1. Gambar 2.2 merupakan *use case* diagram steganografi yang menggambarkan interaksi antara pengirim dan penerima dengan sistem.



**Gambar 2.2 Use Case Diagram Steganografi**

Perangkat lunak juga menampilkan informasi untuk setiap proses penyisipan dan ekstraksi, diantaranya informasi umum citra (dimensi citra, daya tampung citra dan jumlah *level*), informasi *reshaping* citra (pemetaan titik penyisipan dan ekstraksi) dan informasi MLSB yaitu mengubah 8 bit menjadi 5 bit dan sebaliknya.

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

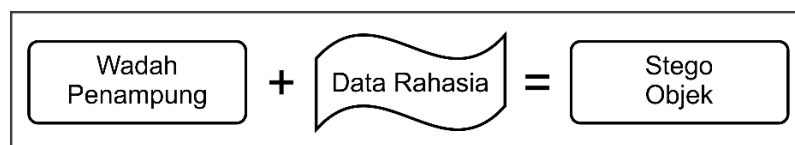
#### 3.1 Citra Digital

Citra atau *Image* merupakan istilah lain dari gambar, yang merupakan informasi berbentuk visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” *“a picture is more than a thousand words”* Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (Sipayung, 2014).

Citra adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan. Citra digital adalah citra yang dapat diolah komputer. Beberapa format citra digital yang banyak ditemui adalah BMP, JPEG, GIF, PNG, dan lain-lain (Ricky et al., 2018).

### 3.2 Steganografi

Steganografi merupakan seni untuk menyembunyikan pesan di dalam media digital. Steganografi digital menggunakan media digital sebagai wadah penampung, misalnya citra, audio, teks dan video (Andono et al., 2017). Gambar 3.1 merupakan ilustrasi sederhana dari proses penyimpanan pesan ke dalam media citra digital dan menghasilkan citra baru dengan pesan di dalamnya.



Sumber: (Andono et al., 2017)

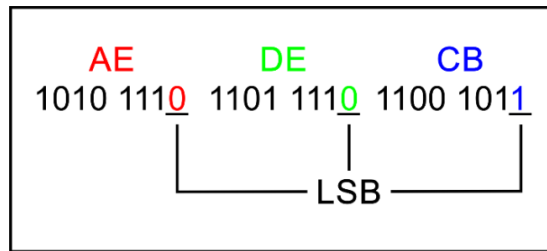
**Gambar 3.1 Ilustrasi Penyimpanan Data Rahasia ke dalam Media Digital**

### 3.3 *Modified Least Significant Bit* (MLSB)

*Modified Least Significant Bit* (MLSB) atau modifikasi dari algoritma LSB digunakan untuk meng-*encode* sebuah identitas ke dalam citra asli. MLSB menggunakan manipulasi beberapa bit-bit penyisip sebelum meng-*encode* pesan tersebut (Zaher, 2011).

Metode *Modified Least Significant Bit* (MLSB) adalah suatu metode dari hasil pengembangan metode LSB yang sudah ada. Pada metode MLSB ini, bilangan yang dipakai adalah bilangan 5 bit hasil konversi dari bilangan 8 bit yang dipakai pada metode LSB. Kemudian bilangan 5 bit disisipkan ke dalam citra penampung menggunakan metode LSB (Lubis et al., 2015).

Proses konversi nilai citra menjadi data biner (8 bit) yang kemudian 1 bit dari pesan disisipkan dari barisan paling kanan masing-masing nilai biner citra. Penyisipan LSB pada citra 24 bit dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Sumber: (Lubis et al., 2015)

**Gambar 3.2 Penyisipan LSB pada 1 Piksel Warna**

Cara kerja algoritma *Modified Least Significant Bit* (MLSB) adalah sebagai berikut:

1. Normalisasi dengan tabel *Control Symbol*.

*Control symbol* data yang merepresentasikan karakter pesan untuk mengelompokkan suatu barisan data, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Control Symbol**

Hex Representation	Operation
1Bh	Define small letter
1Ch	Define capital letter
1Dh	Define space
1Eh	Define number
1Fh	Define end of text

Sumber: (Zaher, 2011)



1) 61h – 7Ah (*Small Letter*)

Jika karakter pesan yang akan disisipkan merepresentasikan huruf kecil terlebih dahulu menyisipkan 5 bit pertama menjadi 1Bh dan dilanjutkan menyisipkan hasil konversi pesan 8 bit ke 5 bit setelahnya.

2) 41h – 5Ah (*Capital Letter*)

Jika karakter pesan yang akan disisipkan merepresentasikan huruf kapital terlebih dahulu menyisipkan 5 bit pertama menjadi 1Ch dan dilanjutkan menyisipkan hasil konversi pesan 8 bit ke 5 bit setelahnya.

3) 20h (*Space*)

Jika karakter pesan yang akan disisipkan merepresentasi sebuah karakter spasi putih, maka spasi putih digantikan dengan 5 bit pertama menjadi 1Dh.

4) 30h – 39h (*Number*)

Jika karakter pesan yang akan disisipkan merepresentasikan angka terlebih dahulu menyisipkan 5 bit pertama menjadi 1Eh dan dilanjutkan menyisipkan hasil konversi pesan 8 bit ke 5 bit setelahnya.

5) Akhir Teks (*End of Text*)

Jika pesan yang disisipkan telah berakhir, disisipkan 5 bit di akhir menjadi 1Fh.

2. Proses mengubah nilai ASCII menjadi 5 bit. Dimisalkan pesan yang akan disisipkan pesan teks “STEGO with 05 bits”.

1) Pesan “STEGO with 05 bits”, jika diubah ke dalam biner ASCII

membutuhkan memori sebesar  $18 \times 8 \text{ bit} = 144 \text{ bit}$ .

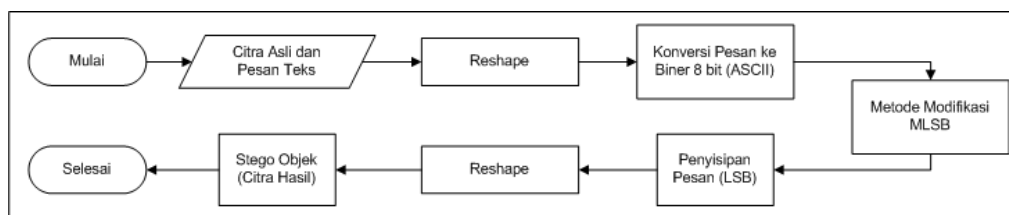
- 2) Pada algoritma ini pesan “STEGO with 05 bits” diubah menjadi nilai heksadesimal: 53h, 54h, 45h, 47h, 4Fh, 20h, 77h, 69h, 74h, 68h, 20h, 30h, 35h, 20h, 62h, 69h, 74h, 73h.
- 3) Normalisasikan pesan dengan tabel *Control System* dan di-XOR-kan dengan nilai puluhan terkecil pada ASCII.
  - a. Membagi kelompok pada pesan sisip dengan tanda spasi putih (20h).
  - b. Kelompok pertama, barisan huruf kapital adalah 53h, 54h, 45h, 47h, 4Fh. Kemudian XOR-kan dengan karakter terkecil dalam huruf kapital yaitu 41h ('A'), didapatkan hasil XOR yaitu 1Ch, 12h, 15h, 4h, 6h, Eh, 1Dh.
  - c. Kelompok kedua, barisan huruf kecil adalah 77h, 69h, 74h, 68h. Kemudian XOR-kan dengan karakter terkecil dalam huruf kecil yaitu 61h ('a'), didapatkan hasil XOR yaitu 1Bh, 17h, 8h, 15h, 9h, 1Dh.
  - d. Kelompok ketiga, barisan angka adalah 30h, 35h. Kemudian XOR-kan dengan karakter terkecil dalam angka yaitu 30h ('0'), didapatkan hasil XOR yaitu 1Eh, 0h, 5h, 1Dh.
  - e. Kelompok keempat, barisan huruf kecil adalah 62h, 69h, 74h, 73h. Kemudian XOR-kan dengan karakter terkecil dalam huruf kecil yaitu 61h ('a'), didapatkan hasil XOR yaitu 1Bh, 3h, 8h, 15h, 12h.
- 4) Gabungan kelompok pertama, kedua, ketiga, dan keempat. Sehingga pesan yang akan disisipkan menjadi 1Ch, 12h, 15h, 4h, 6h, Eh, 1Dh, 1Bh, 17h, 8h, 15h, 9h, 1Dh, 1Eh, 0h, 5h, 1Dh, 1Bh, 3h, 8h, 15h, 12h, 1Fh. Jika

pesan ini diubah ke dalam biner ASCII membutuhkan memori sebesar  $23 \times 5 \text{ bit} = 115 \text{ bit}$ .

- 5) Pesan akan diubah menjadi data biner dan disisipkan menggunakan teknik LSB.
3. Proses mengembalikan pesan asli, yaitu dengan meng-XOR-kan kembali *byte* pesan sesuai dengan kolompok bilangan dan menghilangkan nilai *Control Symbol*.

### 3.4 Modifikasi pada proses penyisipan pesan

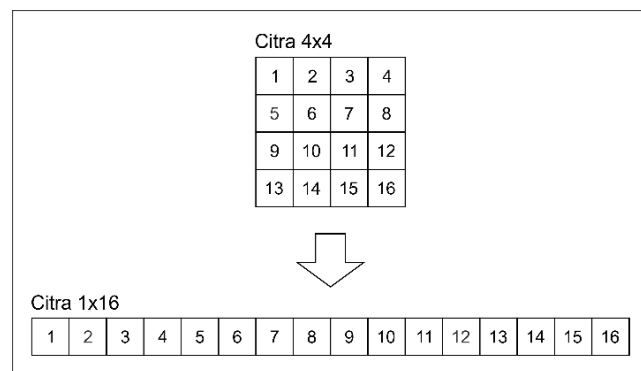
Penyisipan pesan dilakukan beberapa tahap penting. Tahap pertama berada diproses *reshaping*, kemudian konversi pesan teks ke dalam bentuk data biner 8 bit dilanjutkan dengan proses meng-*encode* 8 bit pesan menjadi 5 bit dengan metode MLSB sampai tahap terakhir, yaitu penyisipan pesan dengan metode LSB. Alur proses penyisipan pesan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3 Alur Proses Penyisipan Pesan dengan Metode MLSB**

### 3.4.1 *Reshape* citra

Proses *reshape* pada citra bertujuan untuk mengubah citra 2 dimensi menjadi bentuk lebih sederhana. *Reshaping* citra dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Sumber: (Mulyanto et al., 2019)

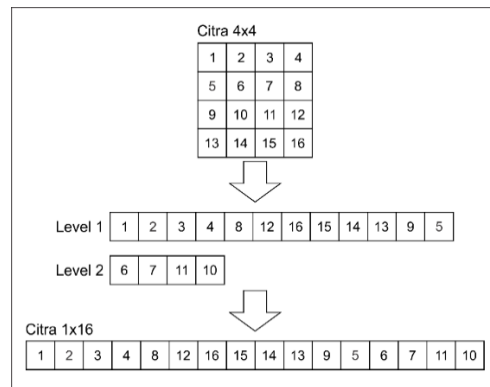
**Gambar 3.4 *Reshaping* Citra Dua Dimensi**

### 3.4.2 Teknik Transposisi Pola Spiral

Penggunaan metode pembacaan spiral merupakan penggabungan dua metode pembacaan secara horizontal dan vertikal, dan penggunaan metode pembacaan secara spiral akan menghasilkan bentuk untaian *pixel* gambar yang lebih rumit dibaca daripada menggunakan metode pembacaan secara horizontal ataupun vertikal saja (Supriyanto & Ardhianto, 2008).

Teknik transposisi spiral digunakan untuk menentukan di bagian mana dari citra pesan teks yang akan disisipkan. Citra 4x4 dibagi menjadi beberapa *level* dengan jumlah *level* bergantung dengan dimensi citra. Kemudian *level* disusun memanjang menjadi vektor berukuran 1x16.

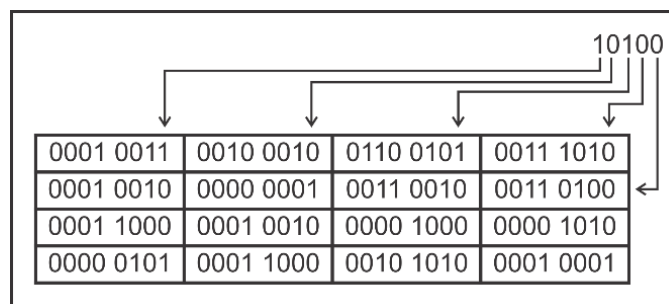
Penyisipan pesan dilakukan pada hasil proses *reshape*, yaitu vektor citra 1xN. Proses *reshaping* citra dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5 Dimensi Citra Sebelum dan Setelah *Reshaping***

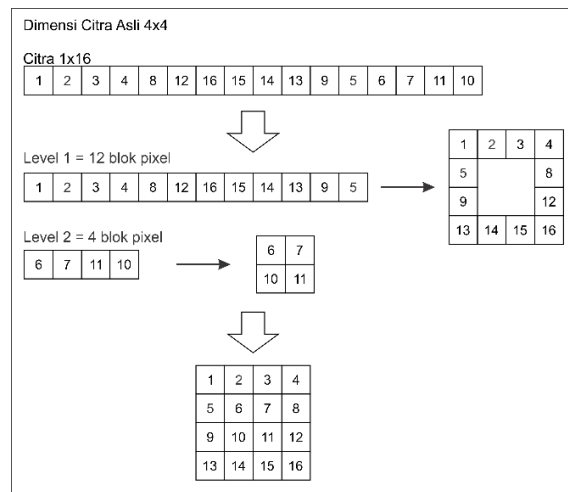
### 3.4.3 Proses penyisipan dengan metode LSB

Proses penyisipan 5 bit data akan disisipkan di lokasi citra hasil *reshaping*. Proses ini membuat 5 bit data tersebar mengacak karena proses *reshape* pada citra yang berbeda cara penyusunannya. Proses penyisipan 5 bit data dengan metode LSB dapat dilihat pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6 Penyisipan 5 Bit Data dengan Metode LSB**

Setelah dilakukan proses penyisipan, dilakukan proses *re-wrapping*. Gambar 3.7 menunjukkan proses merubah dimensi 1xN menjadi MxN dimana panjang dan lebar citra asli telah diketahui.



**Gambar 3.7 Mengembalikan Dimensi Citra**

### 3.5 Penelitian Terdahulu

Peneliti mengangkat beberapa jurnal sebagai referensi dan acuan yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Penelitian Terdahulu**

<b>Nama Judul</b>	<b>Peneliti</b>	<b>Tahun dan ISSN</b>	<b>Hasil</b>
Digital Watermarking Pada Citra Menggunakan Metode	Agung Sulistyanto	2016	Penyisipan pesan menggunakan metode MLSB

<p>Modified Least Significant Bit (MLSB) Dengan Penyebaran Pesan Secara Acak Menggunakan Metode Linear Congruential Generator (LCG): Studi Laboratorium ICT Terpadu Universitas Budi Luhur</p>			<p>berjalan dengan baik dan ukuran bit pesan yang disisipkan menjadi lebih kecil dari semestinya. Menggunakan password untuk menentukan posisi acak penyisipan, maka keamanan pesan yang disisipkan pada citra terjaga dengan aman.</p>
<p>Penyisipan Pesan Teks pada Citra Menggunakan Metode LSB dan 2-Wrap Length</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mulyanto</li> <li>2. Royke Vincentius Febriyana</li> <li>3. Arief Bramanto</li> </ol>	<p>Seminar Nasional APTIKOM (SEMANTIK) 2019</p>	<p>Metode LSB digunakan untuk menyisipkan pesan, sedangkan teknik 2-wrap length</p>

	Wicaksono Putra		digunakan untuk menentukan posisi penyisipan pesan teks ke dalam citra untuk menghasilkan penyisipan yang lebih acak sehingga isi pesan tidak mudah diketahui.
Steganografi Berbasis <i>Least Significant Bit</i> (LSB) untuk Menyisipkan Gambar ke dalam Citra Gambar	Za'imatun Niswati	Faktor Exacta Vol. 5 No. 2, 2012. ISSN: 1979 276X	Penyisipan pesan menggunakan metode LSB berjalan dengan baik. Ukuran citra tidak berubah/tetap dan tidak mengakibatkan kecurigaan akan adanya pesan



			rahasia dalam citra.
--	--	--	-------------------------




1. Perbandingan penelitian pertama yang ditulis oleh Agung Sulistyanto pada tahun 2016 dengan judul “**Digital Watermarking Pada Citra Menggunakan Metode Modified Least Significant Bit (MLSB) Dengan Penyebaran Pesan Secara Acak Menggunakan Metode Linear Congruential Generator (LCG): Studi Laboratorium ICT Terpadu Universitas Budi Luhur**” memiliki perbedaan pada cara menentukan posisi acak pesan, yaitu dengan menggunakan metode LCG. Peneliti sekarang menggunakan teknik transposisi spiral pada proses *reshape* untuk pengacakan pesan.
2. Perbandingan penelitian kedua yang ditulis oleh Mulyanto, Royke Vincentius Febriyana dan Arief Bramanto Wicaksono Putra pada tahun 2019 dengan judul “**Penyisipan Pesan Teks pada Citra Menggunakan Metode LSB dan 2-Wrap Length**” memiliki perbedaan pada penyisipan pesan dengan metode LSB dan teknik pengacakan posisi pesan teks teknik *2-wrap length*. Peneliti sekarang menggunakan metode MLSB dan pengacakan posisi pesan teks dengan teknik transposisi pola spiral.
3. Perbandingan penelitian ketiga yang ditulis oleh Za’imatun Niswati pada tahun 2012 dengan judul “**Steganografi Berbasis *Least Significant Bit (LSB)* untuk Menyisipkan Gambar ke dalam Citra Gambar**” memiliki perbedaan pada pesan yang disisipkan pada citra digital yaitu


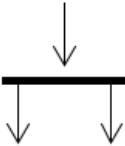
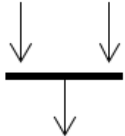
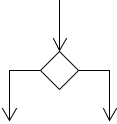
berupa objek citra sebagai pesan yang disisipkan ke dalam citra digital dan tidak adanya proses pengacakan posisi pesan. Peneliti sekarang menggunakan teks yang dikodekan dengan pengurangan pada bit-bit pesan sebelum penyisipan dengan metode LSB dan terjadi modifikasi pada proses *reshaping* citra untuk pengacakan posisi pesan sisip.

### 3.6 Activity Diagram

*Activity Diagram* atau Diagram Aktivitas menggambarkan urutan kegiatan atau urutan aktifitas dari sebuah sistem. Tujuan dibuatnya *Activity Diagram* adalah untuk memudahkan dalam memahami proses bisnis sistem. (Maharani 2018:49). Simbol-simbol *activity diagram* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Simbol Activity**

Simbol	Keterangan
 <b>Activities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Akhir penelurusan</li> <li>✓ <i>Acvitiy</i> menggambarkan proses bisnis, diisi dengan kata kerja.</li> <li>✓ Sebuah <i>activity</i> hanya bisa mempunyai satu alur masuk dan satu alur keluar.</li> </ul>
 <b>Decision Point</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tidak ada keterangan (pertanyaan) pada tengah belah ketupat seperti pada <i>flowchart</i> dan harus mempunyai <i>Guards</i></li> </ul>
 <b>Start Point</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Awal penelurusan</li> <li>✓ Sebuah <i>activity diagram</i> selalu dimulai dengan <i>Start Poin</i></li> <li>✓ Pada sebuah <i>activity diagram</i> hanya boleh menggunakan 1 simbol <i>Start Poin</i></li> </ul>



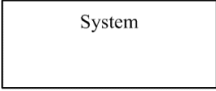
 <p><b>End Point</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Akhir penelurusan</li> <li>✓ Sebuah <i>activity diagram</i> diakhiri dengan <i>End Poin</i></li> <li>✓ Pada sebuah <i>activity diagram</i> boleh menggunakan &gt;1 simbol <i>End Poin</i></li> </ul>
<p>[ ]</p> <p><b>Guard</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sebuah kondisi benar sewaktu melewati sebuah transisi (contoh : [nilai&gt;70])</li> </ul>
 <p><b>Fork</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Percabangan</li> <li>✓ Satu aliran yang menyebabkan dua atau lebih aktivitas yang dikerjakan secara bersamaan.</li> </ul>
 <p><b>Join</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Penggabungan</li> <li>✓ Beberapa aliran menyatu untuk melanjutkan aktivitas</li> </ul>
 <p><b>Decision Point</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tidak ada keterangan (pernyataan) pada tengah belah ketupat seperti pada <i>flowchart</i> dan harus mempunyai <i>Guards</i>.</li> </ul>
<p><b>Swimlane</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sebuah cara untuk mengelompokkan <i>activity</i> berdasarkan <i>actor</i></li> <li>✓ <i>Actor</i> bisa ditulis nama <i>actor</i></li> <li>✓ <i>Swimlane</i> digambarkan secara <i>vertical</i>, walaupun kadang-kadang digambarkan secara <i>horizontal</i></li> </ul>


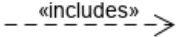
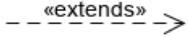

Sumber : Maharani (2018:46)

### 3.7 Use Case Diagram

*Use case* Diagram adalah diagram yang menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem. Use case menggambarkan siapa saja actor yang terlibat dan fungsi apa saja yang dapat digunakan actor pada sistem informasi tersebut. (Maharani, 2018:45). Simbol-simbol *use case* diagram dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Simbol Use Case**

Simbol	Keterangan
 <p>Actor</p> <p><b>Actor</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orang atau sistem yang berinteraksi dengan sistem informasi usulan</li> <li>• Aktor ditempatkan diluar batas sistem</li> </ul>
 <p>Nama Use Case</p> <p><b>Use Case</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mewakili sebagian besar sistem secara fungsional.</li> <li>• Ditempatkan di dalam batas sistem</li> </ul>
 <p>System</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sertakan nama sistem dalam sistem <i>boundary</i> bagian atas</li> <li>• Menggambarkan ruang lingkup sistem.</li> </ul>





<i>System Boundary</i>	
 <b>Asosiasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghubungkan actor dengan <i>use case</i> yang berinteraksi.</li> </ul>
 <b>Include</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relasi yang menggambarkan bahwa sebuah <i>use case</i> harus menjalankan <i>use case</i> lain terlebih dahulu sebelum menjalankan fungsinya.</li> <li>• Arah panah mengarah pada main <i>use case</i>.</li> </ul>
 <b>Extend</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relasi yang menggambarkan bahwa sebuah <i>use case</i> bisa berdiri sendiri atau bisa berjalan tanpa menjalankan main <i>use case</i> terlebih dahulu.</li> </ul>
 <b>Generalisasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggambarkan hubungan <i>use case</i> khusus dengan <i>use case</i> umum. Tanda panah mengarah ke <i>use case</i> umum.</li> </ul>



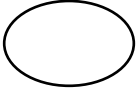

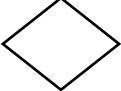


Sumber : Maharani (2018:46)

### 3.8 Flowchart Diagram

Menurut Sitorus (2015:14), *flowchart* merupakan urutan logika dari suatu prosedur pemecahan masalah, sehingga *flowchart* merupakan langkah-langkah penyelesaian masalah yang dituliskan dalam simbol-simbol tertentu. Diagram ini akan menunjukkan alur di dalam program secara logika. *Flowchart* bertujuan untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terurai rapi, dan jelas menggunakan simbol-simbol yang standar. Simbol-simbol *flowchart* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5 Simbol *Flowchart***

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>
 Document	Menandakan dokumen, bisa dalam bentuk surat, formulir, buku atau cetakan.
 Multi Document	Dokumen yang digunakan lebih dari satu dalam simbol ini.
 Manual Operation	Proses manual.
 Process	Proses yang dilakukan oleh komputer.

 Predefined Process	Proses apa saja yang tidak terdefinisi termasuk aktivitas fisik.
 Off-page Reference	Terminasi yang mewakili simbol tertentu untuk digunakan pada aliran lain pada halaman yang lain.
 On-page Reference	Terminasi yang mewakili simbol tertentu untuk digunakan pada aliran lain yang sama.
 Terminator	Terminasi yang menandakan awal dan akhir dari suatu aliran.
 <i>Decision</i>	Pengambilan keputusan.
 <i>Display</i>	Layar peraga (monitor).
 <i>Manual Input</i>	Pemasukan data secara manual.

Sumber : Sitorus (2015:14)

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini di mulai bulan September sampai Desember 2020 agar penelitian ini terarah dan dapat diselesaikan tepat waktu. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Jadwal Penelitian**

No	Kegiatan	September 2020			Oktober 2020					November 2020				Desember 2020		
		1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3
1	Identifikasi Masalah dan Pengumpulan Data Penelitian															
2	Membuat Laporan Penelitian															
3	Analisis Algoritma MLSB dan Reshaping Citra															
4	Perancangan															





## 4.4 Analisis dan Perancangan

### 4.4.1 Analisis Data

1) *Reshaping* pada citra

*Reshape* citra  $M \times N$  menjadi vektor citra  $1 \times N$  dilakukan untuk menentukan bit-bit data dimana pesan akan disisipkan.

2) Konversi MLSB menjadi 5 bit

Telah dijelaskan cara kerja metode MLSB dimana data dikonversi dari 8 bit menjadi 5 bit. Membaca karakter 8 bit (ASCII) dan tentukan kontrol simbol sebagai penanda kelompok karakter.

3) Penyisipan LSB pada citra

Setelah proses *reshaping* citra, diketahui dimana bit-bit hasil konversi MLSB yang akan disisipkan. Pada Gambar 3.6 telah dijelaskan proses penyisipan 5 bit data dengan metode LSB.

4) Ekstraksi pesan LSB pada citra

Ekstraksi dilakukan dengan mengambil bit dari barisan paling kanan. Kemudian data bit yang diambil akan dikonversi kembali 5 bit menjadi 8 bit dengan menghilangkan kontrol simbol nya.

### 4.4.2 Perancangan Sistem

Alat bantu perancangan algoritma steganografi yang dirancang yaitu menggunakan *Unified Modeling Language* (UML), diantaranya *activity diagram*, *use case diagram* dan *flowchart*. Aktor yang terlibat dalam sistem, yaitu pengguna atau pengirim dengan sistem yang dirancang.

## 4.5 Pengujian

Pengujian dilakukan sebagai tolak ukur keberhasilan dalam penelitian untuk mengetahui kelebihan serta kekurangan pada sebuah penelitian tersebut.

### 4.5.1 Aspek Mutu (*Fidelity*)

Mutu (*Fidelity*), pengujian dalam hal ini yaitu memeriksa kualitas citra terhadap manipulasi untuk mengetahui kemiripan citra sebelum dan sesudah proses penyisipan data.

#### A. MSE (*Mean Square Error*)

MSE adalah ukuran yang digunakan untuk menilai seberapa baik sebuah metode dalam melakukan rekonstruksi atau restorasi citra relatif terhadap citra aslinya.

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_x^M \sum_y^N [f_1(x, y) - f_2(x, y)]^2$$

Semakin kecil nilai MSE, maka hasil pemrosesan citra semakin mendekati citra aslinya.

#### B. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)

PSNR adalah ukuran perbandingan nilai maksimum dari kedalaman bit citra yang diukur dengan besarnya *noise* yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Besarnya *noise* diwakili oleh nilai MSE.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{\sqrt{MSE}} \right)$$

Semakin besar nilai PSNR, maka hasil pemrosesan citra semakin mendekati citra aslinya. Kriteria kualitas citra dapat dilihat dari nilai PSNR, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Nilai PSNR**

Nilai PSNR	Kualitas Citra
60 dB	<i>Excellent</i> , tanpa derau
50 dB	<i>Good</i> , terdapat sejumlah derau, tetapi kualitas citra masih bagus
40 dB	<i>Reasonable</i> , terdapat butiran halus atau seperti salju di dalam citra
30 dB	<i>Poor picture</i> , terdapat banyak derau
20 dB	<i>Unusable</i>

Sumber: (Hidayat & Hastuti, 2013)

#### 4.5.2 Tingkat Ketahanan (*Robustness*)

Pengujian dilakukan beberapa uji serangan yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan citra terhadap serangan luar. Uji serangan yang dilakukan yaitu diantaranya kecerahan, ketajaman, rotasi dan *resize*. Pengujian citra hasil ditunjukkan oleh Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Pengujian Serangan Citra Hasil**

<i>Operasi Dasar</i>	<i>Nilai Perubahan</i>	<i>Target Hasil Uji</i>	<i>Target PSNR (dB)</i>
Kecerahan	-5 sampai +25	<i>Success/Failed</i>	$\geq 40\text{dB}$
Ketajaman	-5 sampai +25	<i>Success/Failed</i>	$\geq 40\text{dB}$
Rotasi	90°/180°/270°	<i>Success/Failed</i>	$\geq 40\text{dB}$
<i>Resize</i>	Diperbesar 2x	<i>Success/Failed</i>	$\geq 40\text{dB}$

Sumber: (Farid et al., 2016)

Pengujian menggunakan 4 sampel citra 24-bit, yaitu citra jenis bmp, jpeg, png dan tiff dengan dimensi yang sama. Citra hasil uji serangan dikatakan berhasil jika pesan yang tersisip pada citra hasil tidak mengalami kerusakan setelah meng-*decode* menggunakan metode MLSB.

#### **4.5.3 Pengujian Terhadap Perbandingan Isi Pesan**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan isi dan ukuran pesan sebelum dan sesudah proses steganografi. Pengujian ini dapat dikatakan berhasil jika pesan asli dan pesan hasil *decode* sama persis baik isi maupun ukuran pesannya.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

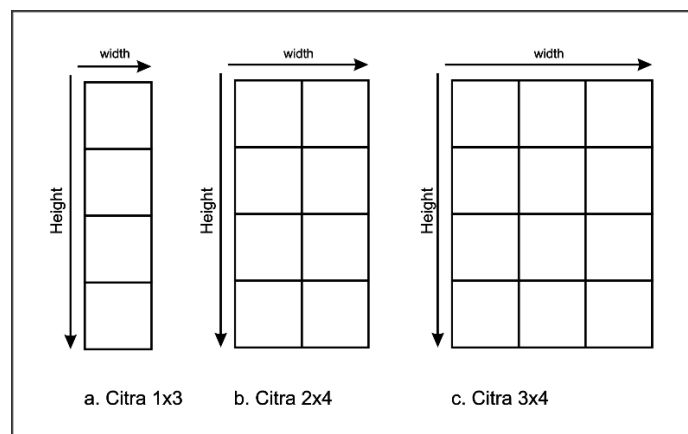
#### 5.1 Hasil Analisis

##### 5.1.1 *Reshaping* pada Citra

###### A. Dimensi Citra

###### 1. Besar N lebih kecil dari M

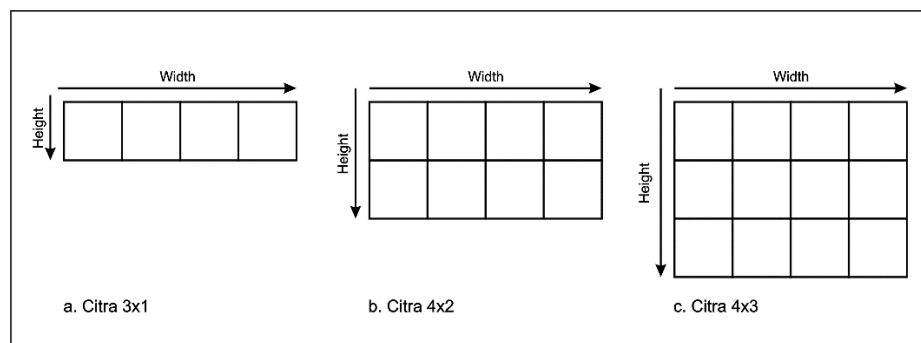
Nilai N atau lebar citra adalah lebar dari citra secara horizontal dengan nilai maksimal N-1 atau kurang dari tinggi citra. Gambar 5.1 merupakan ciri citra dengan sisi vertikal lebih dominan.



**Gambar 5.1 Citra Tegak Lurus**

## 2. Besar M lebih kecil dari N

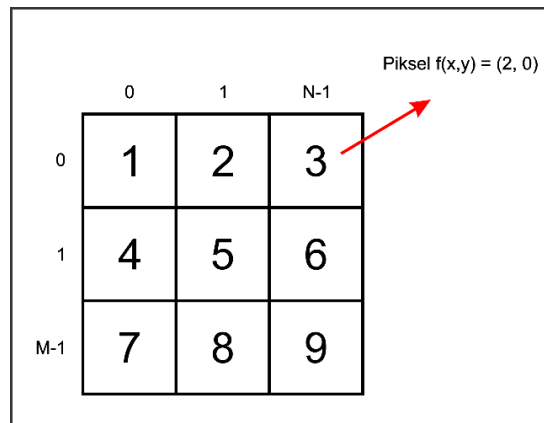
Nilai M atau tinggi citra adalah tinggi dari citra secara vertikal dengan nilai maksimal M-1 atau kurang dari lebar citra. Gambar 5.2 merupakan ciri citra dengan sisi horizontal lebih dominan.



**Gambar 5.2 Citra Mendatar**

### **B. Informasi Jumlah Tingkatan pada Citra**

Citra yang diidentifikasi memiliki lebih dari 1 tingkat (*level*) adalah citra dengan besar M dan N lebih dari 2. Dimulai dari citra 3x3. Citra dengan *level* 2 dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3 Citra 3x3**

Jumlah *level* pada citra didapatkan dengan cara perhitungan berikut.

1. Jika  $x < y$ ,  $level = \frac{x}{2} + \text{sis hasil pembagian}$ , atau
2. Jika  $y < x$ ,  $level = \frac{y}{2} + \text{sis hasil pembagian}$
3. Atau dengan cara membulatkan hasil pembagian ke atas.

Citra 3x3 adalah citra terkecil yang memiliki 2 *level*. *Level* pertama [1, 2, 3, 6, 9, 8, 7, 4], *level* kedua [5]. Mencari banyak *level* dengan perhitungan diatas, maka *level* citra 3x3 adalah sebagai berikut.

$$Level: \frac{3}{2} + \text{sis hasil pembagian}$$

$$1 + \text{sis 1}$$

$$Level: 2$$

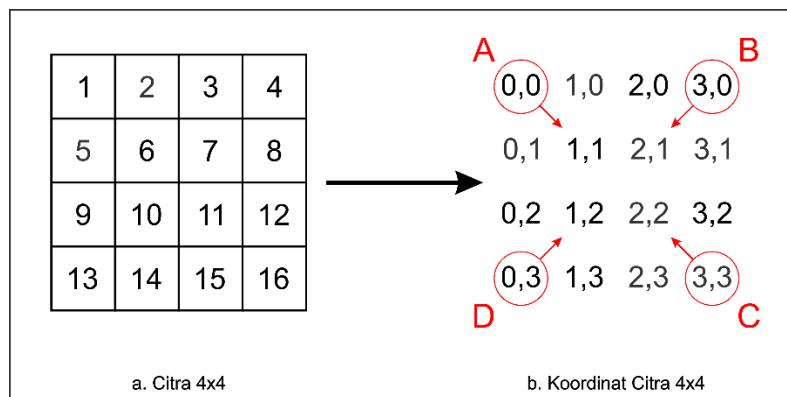
Atau dengan membulatkan ke atas hasil pembagian  $3/2$ , yaitu

$$Level: \frac{3}{2} = 1,5 \text{ dibulatkan ke atas menjadi } 2$$



### C. Proses *Reshaping*

Proses *reshaping* adalah proses untuk memetakan atau menentukan lokasi pesan yang akan disisipkan. Pada citra 4x4 yang digambarkan dengan koordinat dan empat (4) poin yang digunakan sebagai sampel percobaan untuk melakukan proses *reshaping*, pemetaan citra dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4 Koordinat pada Citra**

Tanda merah merupakan poin-poin penentu dalam proses *reshaping*. Pemilihan poin digunakan sebagai tanda atau *checkpoint* di mana pesan mulai disisipkan. Hasil proses dan tahapan *reshaping* yang dilakukan sebagai berikut.

1. Menentukan poin dan arah. Aturan poin A sebagai titik awal dan arah searah jarum jam (*Clockwise*), maka ABCD. Jika berlawanan maka ADCB.

2. Terdapat *forward* dan *backward* setiap poin. ABCD merupakan poin dengan arah maju. *Forward* dan *backward* dapat dilihat pada Tabel 5.1 ABCD Rule Point.

**Tabel 5.1 ABCD Rule Point**

<b>Points</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Forward</b>	[0,0], [1,0], [2,0]	[3,0], [3,1], [3,2]	[3,3], [2,3], [1,3]	[0,3], [0,2], [0,1]
<b>Backward</b>	[0,0], [0,1], [0,2]	[3,0], [2,0], [1,0]	[3,3], [3,2], [3,1]	[0,3], [1,3], [2,3]
	Forward: x+1 Backward: y+1	Forward: y+1 Backward: x-1	Forward: x-1 Backward: y-1	Forward: y-1 Backward: x+1

Aturan poin:

- Poin A: Kenaikan nilai x pada *forward* dan kenaikan nilai y pada *backward*
- Poin B: Kenaikan nilai y pada *forward* dan penurunan nilai x pada *backward*
- Poin C: Penurunan nilai x pada *forward* dan penurunan nilai y pada *backward*
- Poin D: Penurunan nilai y pada *forward* dan kenaikan nilai x pada *backward*

3. Menentukan batas minimal dan maksimal nilai x dan y

Batasan nilai x dan y ditentukan untuk menghentikan kenaikan atau penurunan nilai, jika dimisalkan mendapatkan titik -1 atau titik melewati dimensi citra. Untuk citra 4x4 (2 level) dimana nilai minimal yaitu koordinat [0, 0] dan [1, 1]. Nilai maksimal yaitu

[2, 2] dan [3, 3]. Nilai minimal dan maksimal citra dapat dilihat pada Gambar 5.5.

0,0	1,0	2,0	3,0
0,1	1,1	2,1	3,1
0,2	1,2	2,2	3,2
0,3	1,3	2,3	3,3

**Gambar 5.5 Nilai Minimal dan Maksimal pada Citra 4x4**

Mencari nilai minimal dan maksimal pada *level* sebagai berikut.

- a. Tentukan *level* citra
- b. Hitung nilai minimal x dan y:

$$\text{min}X = \text{level} - 1, \quad \text{min}Y = \text{level} - 1$$

- c. Hitung nilai maksimal x dan y:

$$\text{maks}X = x - (\text{level} - 1)$$

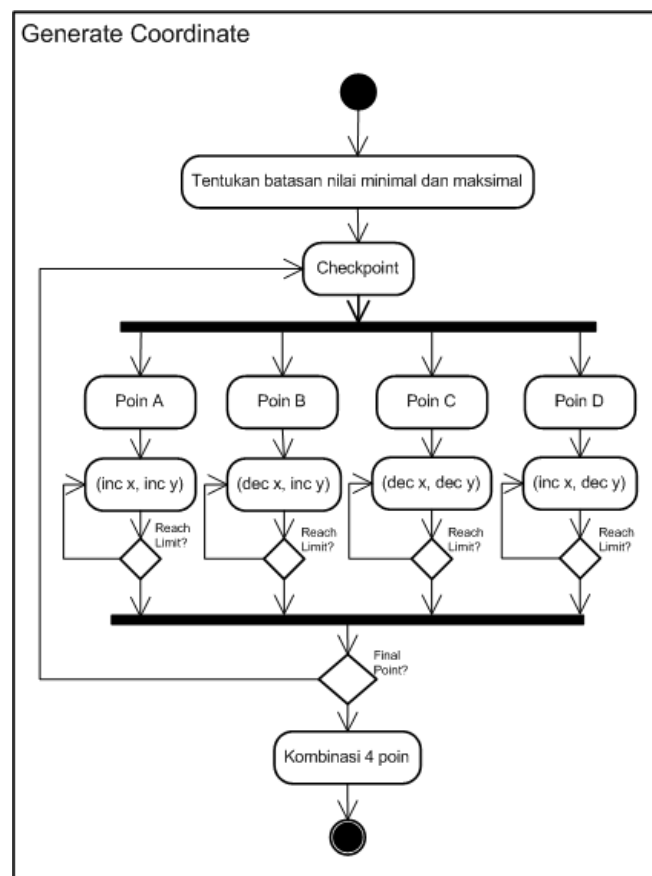
$$\text{maks}Y = y - (\text{level} - 1)$$

4. Meng-*generate* koordinat citra

Tahap ini merupakan tahap pemetaan citra dengan melakukan iterasi pada *checkpoint*. Tahap *generate* sebagai berikut.

1. Tentukan nilai minimal dan maksimal nilai x dan y.
2. *Checkpoint* terhadap poin-poin yang sudah ditentukan.

3. Lakukan proses kenaikan dan penurunan nilai x atau y sesuai aturan poin pada Tabel 5.1 ABCD Rule Point.
4. *Checkpoint* terakhir. Jika belum kembali ke tahap 2.
5. Kombinasikan empat poin sesuai arah (*forward/backward*).
6. Meng-generasi koordinat dihentikan.



**Gambar 5.6 Alur Proses Generate Coordinate by Point**

Hasil *reshaping* citra 4x4 pada *level* 1 dengan dua arah ABCD dan ADCB:

ABCD<sub>cw</sub>: [0,0], [1,0], [2,0], [3,0], [3,1], [3,2], [3,3], [2,3], [1,3], [0,3], [0,2], [0,1]

ADCB<sub>ccw</sub>: [0,0], [0,1], [0,2], [0,3], [1,3], [2,3], [3,3], [3,2], [3,1], [3,0], [2,0], [1,0]

Hasil *reshaping* citra 4x4 pada *level 2* (akhir) dengan dua arah ABCD dan ADCB:

ABCD<sub>cw</sub>: [1,1], [2,1], [2,2], [1,2]

ADCB<sub>ccw</sub>: [1,1], [1,2], [2,2], [2,1]

### 5.1.2 Konversi MLSB menjadi 5 bit

Pesan teks sebelum disisipkan ke dalam citra akan dikonversikan ke 5 bit menggunakan metode MLSB dengan tujuan pesan akan dikodekan sehingga tidak mudah untuk dibaca secara langsung.

Metode MLSB dapat membantu proses ekstraksi pesan, dikarenakan pesan yang dikonversi diberikan tanda pesan berupa 1Fh (*Define end of text*). Berikut hasil identifikasi pesan “STEGO with 05 bits”.

Hasil konversi:

11100100101010100100001100111011101110111011001000

10101010011110111110000000010111101110110001101000101011001011

111, n = 115.

Ciri-ciri pesan MLSB:

1. Bilangan biner, terdiri dari 1 dan 0.
2. Habis dibagi 5. 115 habis dibagi 5.
3. 5 bit awal merupakan kontrol simbol huruf, angka atau spasi putih.
4. 5 bit terakhir merupakan kontrol simbol 1Fh.

### 5.1.3 Penyisipan LSB pada citra

Pesan hasil konversi MLSB diambil 3 bit untuk disisipkan pada satu piksel warna yang terdiri dari R, G dan B. Penyisipan dilakukan dengan cara nilai R/G/B di AND-kan dengan kebalikan nilai 1 dalam biner, kemudian di OR-kan dengan 1 bit MLSB.

***decimal & ~1 | bit***

0000 0101 (5)	<i>nilai asli</i>	
1111 1110 (~1)		<b>and</b>
0000 0100 (4)		
0000 0000 (0)		<b>or</b>
0000 0100 (4)	<i>hasil penyisipan</i>	

Kasus dengan nilai desimal 5 disisipkan nilai bit 0 (1 bit MLSB).

0010 1011 (43)	<i>nilai asli</i>	
1111 1110 (~1)		<b>and</b>
0010 1010 (42)		
0000 0001 (1)		<b>or</b>
0010 1011 (43)	<i>hasil penyisipan</i>	

Kasus dengan nilai desimal 43 disisipkan nilai 1 (1 bit MLSB).

Hasil penyisipan merupakan nilai citra baru atau citra hasil yang telah tersisipkan pesan MLSB di dalamnya.

#### 5.1.4 Ekstraksi pesan LSB pada citra

Proses ekstraksi atau pengambilan 3 bit pada nilai RGB dilakukan dengan meng-AND nilai R, G atau B dengan nilai desimal 1.

***decimal & 1***

0000 0101 (5) *nilai stego*

0000 0001 (1) **and**

0000 0001 (1) *hasil ekstraksi*

Kasus ekstraksi 1 bit pada nilai desimal 5 pada warna merah (R).

Kasus ekstraksi 1 bit pada nilai desimal 4 pada warna merah (R).

Hasil ekstraksi merupakan 1 bit data yang diambil dari salah satu kanal warna (RGB). Hasil ekstraksi untuk satu piksel yaitu 3 bit (R, G dan B).

0000 0100 (4) *nilai stego*

0000 0001 (1) **and**

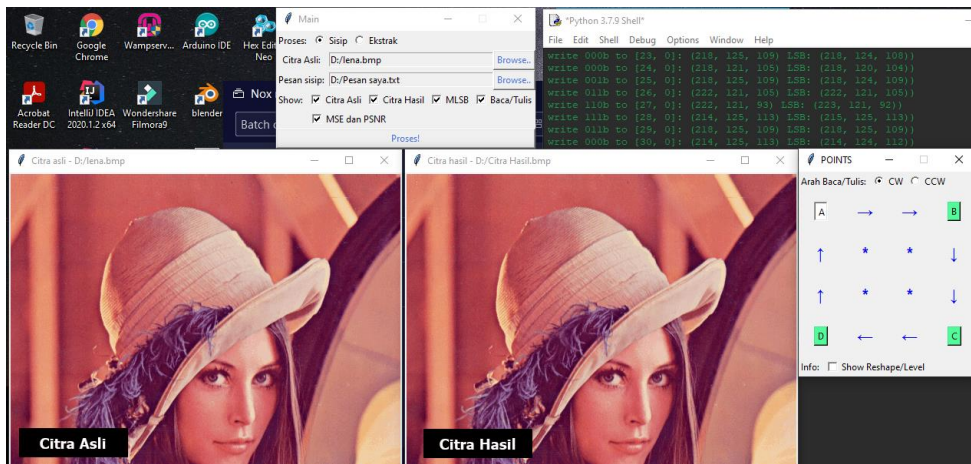
0000 0000 (0) *hasil ekstraksi*

Hasil ekstraksi 3 bit disimpan dan dikumpulkan saat hasil ekstraksi didapat mencapai 5 bit pada variabel MLSB untuk kemudian dilakukan pengecekan 5 bit kontrol simbol. Proses ekstraksi selesai sampai ditemukannya tanda 5 bit akhir (1Fh).

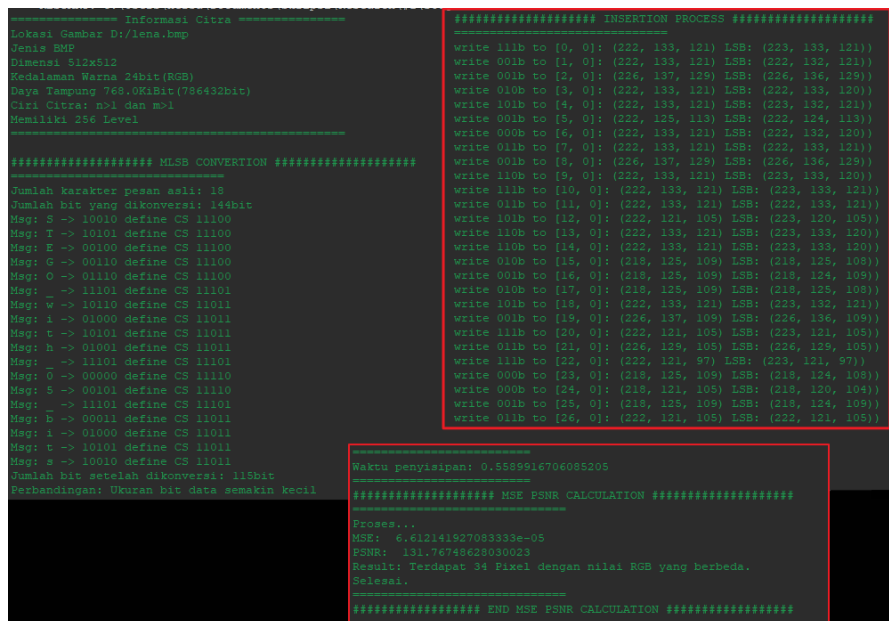
## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Program yang Dihasilkan

Setelah diimplementasikan pada bahasa pemrograman Python 3.7 dihasilkan sebuah aplikasi steganografi dengan metode MLSB dan teknik *reshaping* pola spiral, tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Tampilan Program Dihasilkan



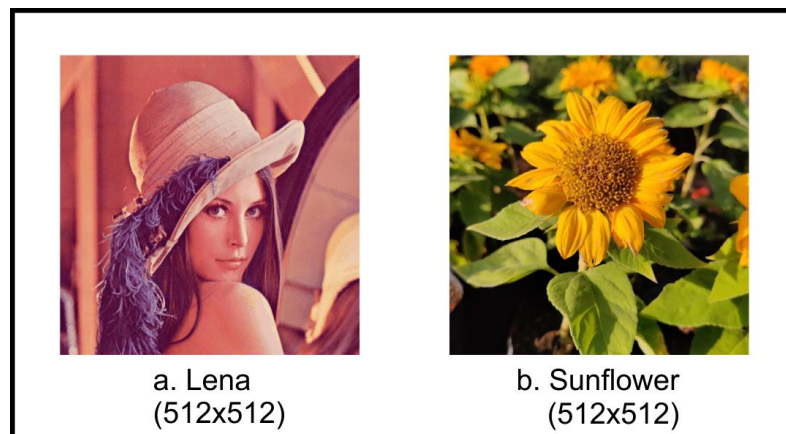
Gambar 5.8 Tampilan Informasi Penyisipan Pesan



### 5.2.2 Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana metode MLSB dan teknik modifikasi *reshape* dapat menjaga keutuhan pesan pada beberapa jenis citra dan ketahanan pesan terhadap operasi dasar citra.

Sampel citra yang digunakan terdiri dari dua citra dengan objek yang berbeda dan dimensi yang sama. Citra yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.9.



**Gambar 5.9 Sampel Citra Uji**

Sampel citra Lena digunakan karena merupakan citra uji standar yang sudah lama digunakan di bidang pengolahan citra digital dan citra yang memiliki tekstur, detail dan *shading*-nya yang baik. Sedangkan sampel citra kedua ditentukan secara acak yang dapat ditemukan di internet.

**Tabel 5.2 Poin-poin Pengujian**

Citra (512x512)	Operasi Dasar				Target
	Kecerahan	Ketajaman	Rotasi	Resize	PSNR
Citra Lena	-3 dan +5	0.05 dan 2	0-360	x2	$\geq 40\text{dB}$
Citra Sunflower	-3 dan +5	0.05 dan 2	0-360	x2	$\geq 40\text{dB}$

### 5.2.3 Hasil Pengujian

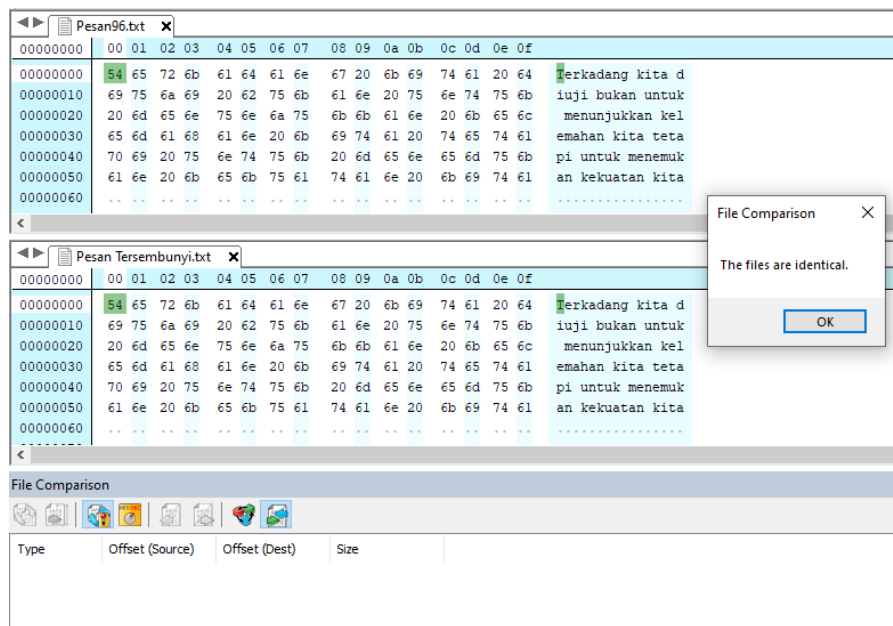
#### 5.2.3.1 Hasil Pengujian Berdasarkan Objek Citra yang Berbeda

Hasil pengujian pada dua citra yang berbeda objek berhasil dilakukan dengan nilai PSNR lebih dari 40 dB (citra tanpa derau), waktu penyisipan 0,169 - 0,173 detik dan waktu ekstraksi 0,169 - 0,175 detik. Hasil pengujian pada dua citra yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Objek Citra yang Berbeda**

Citra (512x512)	Panjang Pesan	Size File (Bytes)		Running Time (s)		MSE	PSNR (dB)
		Asli	Stego	Penyisipan	Ekstraksi		
Lena.bmp	96	786,486	786,486	0,169	0,171	0,00035	117,19
Sunflower.bmp	96	786,486	786,486	0,173	0,175	0,00035	117,10

Perbandingan pesan sebelum penyisipan dengan pesan hasil ekstraksi sangat identik atau sama persis, maka proses enkripsi dan deskripsi pesan dikatakan berhasil. Kecocokan pesan asli dan pesan hasil ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 5.10.



**Gambar 5.10 Hasil Perbandingan Pesan Asli Sebelum dan Sesudah Ekstraksi**



**Gambar 5.11 Perbandingan Citra Asli dengan Citra Hasil Penyisipan**

### 5.2.3.2 Hasil Pengujian Berdasarkan Tipe File yang Berbeda

Hasil pengujian untuk tipe file yang berbeda, diantaranya bmp, jpeg, png dan tiff. Pada citra tipe jpeg hasil pengujian gagal. Ini dikarenakan citra jpeg merupakan citra *lossy compression* dimana terdapat data yang hilang pada saat proses kompresi-dekompresi. Spesifik kerusakan data ada pada nilai RGB yang telah disisipkan 1 bit data akan terjadi perubahan pada nilai LSB saat proses kompresi dan ini akan mempengaruhi pesan MLSB di dalamnya. Akibatnya pesan asli dan pesan hasil ekstraksi sama sekali tidak cocok atau data korup. Hasil pengujian tipe file yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berdasarkan Tipe File yang Berbeda**

Citra (512x512)	Panjan g Pesan	Size File (Bytes)		Running Time (s)		MSE	PSNR (dB)	Hasil Penguji an
		Asli	Stego	Sisip	Ekstrak			
Lena.bmp	96	786,486	786,486	0,432	0,438	0,00035	117,19	Success
Lena.jpeg	96	786,486	786,486	0,175	0,171	0,037	77,45	Failed
Lena.png	96	325,562	326,010	0,169	0,177	0,00035	117,19	Success
Lena.tiff	96	786,572	786,572	0,185	0,179	0,00035	117,19	Success
Sunflo...bmp	96	786,486	786,486	0,653	0,533	0,00035	117,19	Success
Sunflo....jpeg	96	42,226	42,175	0,188	0,219	0,835	54,88	Failed
Sunflo....png	96	398,624	398,671	0,219	0,196	0,00035	117,19	Success
Sunflo....tiff	96	786,572	786,572	0,222	0,203	0,00035	117,19	Success

Nilai PSNR yang didapatkan di atas 40 dB (citra tanpa derau) dan hasil pengujian pada citra selain tipe jpeg berhasil dilakukan tanpa adanya kerusakan (korup) pada pesan dengan waktu penyisipan 0,169 – 0,653 detik dan waktu ekstraksi 0,171 – 0,533 detik.

### 5.2.3.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Panjang Pesan

Hasil pengujian untuk panjang pesan yang berbeda berhasil dilakukan tanpa adanya kerusakan (korup) pada pesan dengan nilai PSNR di atas 40 dB dengan waktu penyisipan 0,199 - 0,251 detik dan waktu ekstraksi 0,174 - 0,688 detik. Hasil pengujian berdasarkan panjang pesan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berdasarkan Panjang Pesan**

Citra (512x512)	Panjang Pesan	Running Time (s)		MSE	PSNR (dB)
		Penyisipan	Ekstraksi		
Lena.bmp	18	0,199	0,198	6,612	131,76
	96	0,196	0,218	0,00035	117,19
	233	0,223	0,174	0,00087	109,33
	1000	0,245	0,688	0,00361	96,96
Sunflo...bmp	18	0,229	0,183	6,993	131,31
	96	0,243	0,197	0,0035	117,19
	233	0,248	0,674	0,00083	109,73
	1000	0,251	0,753	0,03625	96,946

#### 5.2.3.4 Hasil Pengujian Tingkat Ketahanan (*Robustness*)

Citra hasil akan dilakukan pengujian terhadap serangan yang berkemungkinan merusak pesan di dalamnya. Pengujian tersebut akan mempengaruhi nilai-nilai piksel pada citra hasil dengan tujuan nilai PSNR di atas 40 dB (citra tanpa derau) dengan pesan hasil ekstraksi dalam keadaan utuh tanpa adanya kerusakan sedikitpun. Citra hasil yang akan diuji adalah citra dengan panjang pesan 1000.

Hasil pengujian terhadap serangan kecerahan dengan menaikkan dan menurunkan kecerahan diantara -5 sampai +25 gagal. Akibat menaikkan atau menurunkan kecerahan dapat merusak pesan di dalamnya dengan nilai PSNR kurang dari 40 dB. Hasil pengujian ketahanan citra terhadap kecerahan dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Kecerahan**

Citra (512x512)	Kecerahan		Waktu Ekstraksi (s)	MSE	PSNR (dB)
	Nilai	Hasil Uji			
Lena Pesan 1000.bmp	-3	Failed	0,202	9,0	29,045
	+5	Failed	0,196	25,0	20,172
Sunflower Pesan 1000.bmp	-3	Failed	0,195	8,676	29,369
	+5	Failed	0,199	24,536	20,337

Hasil pengujian ketahanan citra terhadap serangan ketajaman dengan nilai 2 (tajam) dan 0.05 (buram). Akibat serangan tersebut dapat merusak pesan di dalamnya dengan nilai PSNR kurang dari 40 dB. Hasil pengujian ketahanan citra terhadap ketajaman dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Ketajaman**

Citra (512x512)	Ketajaman		Waktu Ekstraksi (s)	MSE	PSNR (dB)
	Nilai (Faktor)	Hasil Uji			
Lena Pesan 1000.bmp	2	Failed	0,2059	19,435	22,594
	0.05	Failed	0,2149	16,821	23,881
Sunflower Pesan 1000.bmp	2	Failed	0,2139	14,825	25,099
	0.05	Failed	0,1849	15,140	24,770

Hasil pengujian ketahanan citra terhadap serangan rotasi dengan derajat 90, 180 dan 270 berhasil dilakukan tanpa adanya kerusakan (korup) pada pesan dengan nilai PSNR tidak mencapai target 40 dB. Nilai PSNR berada di bawah 0 dikarenakan nilai piksel pada citra tidak berubah tetapi hanya berpindah tempat akibat rotasi. Sedangkan teknik pembacaan secara spiral memungkinkan untuk menentukan sudut dimana pesan tersembunyi berada.

Sudut derajat selain 90, 180 dan 270 tidak dapat dijangkau dan sulit untuk dilakukan oleh sistem dan juga dimensi citra berbeda dengan dimensi citra hasil, maka perhitungan MSE dan PSNR

tidak dapat dilakukan. Hasil pengujian ketahanan citra terhadap rotasi dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap Rotasi**

Citra (512x512)	Rotasi		Waktu Ekstraksi (s)	MSE	PSNR (dB)
	Nilai (derajat)	Hasil Uji			
Lena	90/180/270	Success	0,1829	4621	-24,54
	Nilai lain (15)	Failed	0,4008	-	-
Sunflower	90/180/270	Success	0,1664	6630	-25,13
	Nilai lain (45)	Failed	0,5091	-	-

Hasil pengujian ketahanan citra terhadap skala dengan diperbesarnya skala pada piksel citra gagal dilakukan dengan pesan hasil ekstraksi sama sekali tidak benar atau data korup dan juga dimensi citra skala berbeda dengan dimensi citra hasil, maka perhitungan MSE dan PSNR tidak dapat dilakukan. Hasil pengujian ketahanan citra terhadap *resize* (skala) dapat dilihat pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Ketahanan Citra Terhadap *Resize* (Skala)**

Citra (512x512)	Resize		Waktu Ekstraksi (s)	MSE	PSNR (dB)
	Nilai (Faktor)	Hasil Uji			
Lena.bmp	Diperbesar x2	Failed	0,8527	-	-
Sunflower.bmp	Diperbesar x2	Failed	0,7787	-	-



The image shows a hex editor interface with two windows. The top window, titled 'Pesan96.txt', displays the original message 'Pesan Asli' in Indonesian: 'Terkadang kita diuji bukan untuk menunjukkan kelemahan kita tetapi untuk menemukan kekuatan kita'. The bottom window, titled 'Pesan Tersembunyi.txt', shows the extracted message 'Pesan setelah di ekstraksi' which is mostly garbled. A red arrow points to a specific hex value '64' in the bottom window that does not match the corresponding value in the top window.

Type	Offset (Source)	Offset (Dest)	Size
Different	0	0	15
Matched	15	15	1
Different	16	16	4
Not Found	20	20	76

**Gambar 5.12 Ciri-ciri kerusakan pesan hasil ekstraksi pada pengujian yang gagal**

Gambar 5.13 menunjukkan pesan hasil ekstraksi pada pengujian yang gagal akan menghasilkan pesan yang acak dan tidak dapat ditemukannya pesan asli maupun sebagian dari pesan asli. Citra sangat rentan terhadap perubahan yang terjadi pada nilai warna citra.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian terhadap sistem penyisipan dan ekstraksi dengan metode MLSB dan teknik *reshaping* pola spiral, penulis menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Dapat ditentukannya titik awal penyisipan dan ekstraksi pesan. Poin dan arah dapat menjadi kunci steganografi.
2. Jenis file citra yang dapat digunakan adalah jenis citra *lossless compression* yaitu \*.bmp, \*.png dan \*.tiff.
3. Citra dapat dirotasi dengan nilai derajat 90, 180, 270 tanpa merusak pesan di dalamnya.
4. Citra hasil penyisipan tidak tahan terhadap perubahan nilai pada piksel yang dapat mengakibatkan pesan di dalamnya rusak atau data korup.

#### 6.2 Saran

1. Meningkatkan kinerja teknik steganografi dalam proses penyisipan dan ekstraksi pesan yang lebih baik.
2. Menerapkan steganografi pada media video.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andono, P.N., Sutojo, T., & Muljono. 2017. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI (Anggota IKAPI).
- Darwis, D., & Kisworo. 2017. *Teknik Steganografi Untuk Penyembunyian Pesan Teks Menggunakan Algoritma End Of File*. *Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 8(3).
- Farid, N., Nurhadiyono, B., & Rahayu, Y. 2016. *Implementasi Metode Steganografi Least Significant Bit Dengan Algoritma Hill Cipher Pada Citra Bitmap*. *Jurnal Techno.COM*, 15(2), 109–116.
- Handoyo, A. E., Setiadi, D. R. I. M., Rachmawanto, E. H., Sari, C. A., & Susanto, A. 2018. *Teknik Penyembunyian dan Enkripsi Pesan pada Citra Digital dengan Kombinasi Metode LSB dan RSA*. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 6(1).
- Hidayat, E. Y., & Hastuti, K. 2013. *Analisis Steganografi Metode Least Significant Bit (LSB) dengan Penyisipan Sekuensial dan Acak Secara Kuantitatif dan Visual*. *Techno.COM*, 12(3).
- Lubis, A. A., Wong, N. P., Arfiandi, I., Damanik, V. I., & Maulana, A. 2015. *Steganografi pada Citra dengan Metode MLSB dan Enkripsi Triple Transposition Vigenere Cipher*. *JSM STMIK Mikroskil*, 16(2).

- Maharani, M. A. 2018. *Analisa Dan Perancangan Sistem Informasi Dengan Codeigniter dan Laravel*. Yogyakarta : CV LOKOMEDIA.
- Muadzani, A., Nurhayati, O. D., & Windasari, I. P. 2016. *Penyisipan Media Teks dan Citra Menggunakan Teknik Steganografi pada Media Pembawa Citra Digital*. Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer, 4(3).
- Mulyanto, Febriyana, R. V., & Arief, B. W. P. 2019. *Penyisipan Pesan Teks pada Citra Menggunakan Metode LSB dan 2-Wrap Length*. Seminar Nasional APTIKOM.
- Niswati, Z. A. I. 2012. *Steganografi Berbasis Least Significant Bit ( LSB ) untuk Menyisipkan Gambar ke dalam Citra Gambar*. Faktor Exacta, 5(2).
- Ratnasari, A. P., & Dwiyanto, F. A. 2020. *Metode Steganografi Citra Digital*. Sains, Aplikasi, Komputasi Dan Teknologi Informasi, 2(2).
- Ricky, M., Setyaningsih, F. A., & Dipenogoro, M. 2018. *Analisis Kompresi Steganography Pada Citra Digital Dengan Menggunakan Metode Least Significant Bit Berbasis Mobile Android*. Jurnal Coding, 06(03).
- Sipayung, W. 2014. *Perancangan Citra Watermaking Pada Citra Digital Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform ( DCT )*. Pelita Informatika Budi Darma, 7(3).
- Sitorus, Lamhot. 2015. *“Algoritma dan Pemrograman”*. Yogyakarta: Andi Offset.

Sulistyanto, A. 2016. *Digital Watermarking Pada Citra Menggunakan Metode Modified Least Significant Bit (MLSB) Dengan Penyebaran Pesan Secara Acak Menggunakan Metode Linear Congruential Generator (LCG)*. Studi Laboratorium ICT Terpadu Universitas Budi Luhur.

Supriyanto, A., & Ardianto, E. 2008. *Penyandian File Gambar dengan Metode Substitusi dan Transposisi*. Jurnal Teknologi Informasi, 8(2).

Zaher, M. A. 2011. *Modified Least Significant Bit (MLSB)*. Computer and Information Science, 4(1).