PENERAPAN METODE LSB-2 UNTUK MENYEMBUNYIKAN CIPHERTEXT PADA CITRA DIGITAL

Taronisokhi Zebua

Dosen Tetap Program Studi S1 Teknik Informatika STMIK Budi Darma Medan.
Jl. Sisingamangaraja No. 338 Sp. Limun Medan
www.stmik-budidarma.ac.id // Email : taronizeb@gmail.com

ABSTRAK

Algoritma *triangle chain cipher* adalah salah satu algoritma kriptografi klasik yang dikembangkan untuk menghasilkan *ciphertext* dari pesan asli (*plaintext*). Proses enkripsi dan dekripsi pesan rahasia dengan algoritma *triangle chain cipher* dilakukan secara ganda (*double*) berdasarkan perkalian nilai kunci dan faktor pengali sehingga *ciphertext* yang dihasilkan sangat jauh berbeda dari teks pesan asli. Metode *Least Significant Bit-2* (LSB-2) merupakan modifikasi dari metode LSB yang umumnya digunakan untuk menyembunyikan pesan rahasia pada media lain (*steganografi*). Metode LSB-2 bekerja dengan konsep menukarkan *bit* ke 8-2 (*bit* 6) dari setiap elemen warna *pixel* gambar yang dijadikan sebagai medium dengan *bit* pesan rahasia. Penelitian ini membahas kombinasi metode LSB-2 dengan algoritma *triangle chain cipher* untuk menghasilkan *stegano image*. Pesan rahasia yang telah dienkripsi berdasarkan algoritma *triangle chain* disembunyikan dalam citra digital berdasarkan metode LSB-2 sehingga pesan rahasia tidak mudah diketahui dan dipecahkan oleh orang lain. Citra *cover* yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar berwarna dan berjenis *bitmap* (*.bmp*) dan aplikasi yang digunakan untuk menguji dan membangun sistem adalah aplikasi visual studio 2008.

Kata Kunci : kriptograf, *triangle chain cipher*, *steganografi*, *lsb-2*

1. Pendahuluan

Teknik yang umum digunakan untuk meng-amankan pesan rahasia dari orang-orang yang tidak berhak adalah teknik kriptografi. Teknik ini merupakan proses pengubahan setiap karakter dari teks asli (*plaintext*) menjadi karakter lain (*ciphertext*). Namun penerapan teknik kriptografi juga masih memiliki kelemahan, salah satunya adalah munculnya kecurigaan yang cepat dari orang lain bahwa informasi tersebut bersifat rahasia, sehingga menimbulkan niat untuk mengetahui informasi yang sebenarnya.

Teknik lain adalah teknik steganografi, yaitu salah satu teknik yang digunakan untuk menyembunyikan pesan rahasia pada objek lain misalnya citra digital, audio dan video. Teknik steganografi pesan rahasia pada citra digital dilakukan dengan menukarkan *bit* tertentu dari citra digital penampung pesan dengan *bit* pesan rahasia yang akan disembunyikan. Metode *Least Significant Bit* (LSB) merupakan metode yang paling umum digunakan untuk menyembunyikan pesan rahasia ke dalam media citra, namun pemanfaatan metode ini masing sangat mudah dipecahkan oleh orang lain yaitu dengan menukar *bit* terakhir (*bit* ke delapan dari elemen warna citra) sehingga pesan yang tersebut dapat dihancurkan.

Metode LSB-2 merupakan hasil modifikasi metode LSB yang bekerja dengan konsep menukarkan *bit* ke 8-2 (*bit* ke-6) dari setiap elemen warna *pixel* citra digital yang menjadi citra penampung dengan setiap *bit* pesan rahasia yang akan disembunyikan.

Algoritma *Triangle Chain Cipher* (TCC) merupakan salah satu hasil modifikasi dari algoritma kriptografi klasik yang melakukan enkripsi dan dekripsi secara

berantai (ganda) sehingga menghasilkan cipher teks yang sangat jauh berbeda dengan pesan aslinya.

Kombinasi antara dua teknik ini (algoritma *triangle chain cipher* dan LSB-2) mampu meningkatkan keamanan dari pesan rahasia dari tindakan-tindakan orang lain yang tidak bertanggung-jawab.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mendapatkan *ciphertext* dari *plaintext* atau sebaliknya dengan algoritma *Triangle Chain Cipher*.
2. Menyembunyikan dan mengekstaksi *ciphertext* pada citra digital dengan metode *Least Significant Bit-2*.
3. Mendapatkan nilai perbandingan rasio antara citra asli dengan citra hasil (*stegano image*) setelah *ciphertext* disembunyikan.
4. Menjaga dan meningkatkan keamanan informasi yang bersifat penting/rahasia dari tindakan *cryptoanalysis* dan *steganalysis*.

3. Landasan Teori

Pembahasan masalah dalam penelitian ini didasari oleh teori-teoritis yang relevan dengan judul penelitian.

3.1 Kriptografi

A. Aspek Kriptografi

Ada beberapa aspek kriptografi adalah [2] :

1. *Confidentiality* (Kerahasiaan)
Pesan rahasia dapat diakses oleh orang yang benar-benar memiliki hak akses untuk mengaksesnya.
2. *Integrity* (Integritas)
Hak akses untuk melakukan perubahan terhadap data harus benar-benar terjaga.

3. Authentication (Otentikasi)

Identifikasi terhadap kebenaran pesan, memiliki maupun kebenaran terhadap hak akses pesan

4. Non-Repudiation

Layanan untuk mencegah terjadinya penyangkalan terhadap pengiriman maupun penerimaan pesan.

B. Algoritma Triangle Chain Cipher

Algoritma kriptografi *triangle chain cipher* atau umumnya dikenal dengan sebutan rantai segitiga merupakan salah satu pengembangan dari algoritma kriptografi klasik untuk menghasilkan *ciphertext*. Algoritma kriptografi *Triangle Chain Cipher* melakukan proses enkripsi terhadap plaintext secara berantai atau ganda [4].

Kekuatan *cipher* ini terletak pada kunci yaitu nilai *integer* yang menunjukkan pergeseran karakter-karakter sesuai dengan operasi pada *caesar cipher*. Kekuatan kedua terletak pada barisan bilangan-bilangan yang berfungsi sebagai pengali dengan kunci.

Secara matematis, pola enkripsi dan dekripsi dengan algoritma *triangle chain cipher* dapat digambarkan dengan matriks $N \times N$ dengan N merupakan panjang *plaintext* yang akan dienkripsi dan operasi pada alfabet ASCII.

Operasi matriks untuk proses enkripsi pada algoritma *triangle chain cipher* sebagai berikut [2] :

Proses Enkripsi Plainteks:

1. Matriks Enkripsi Segitiga Pertama

Untuk baris ke-1 :

$$M_{1j} = P[j] + (K * R[1]) \bmod 255$$

untuk baris ke-2 dan selanjutnya untuk nilai $j = i$:

$$M_{ij} = M_{(i,j)} + (K * R[i]) \bmod 255, \text{ sehingga nilai}$$

ciphertext yang diperoleh adalah :

$$M_{ij} = [j, (N+j)-n].$$

2. Matriks Enkripsi Segitiga Kedua

Nilai P diperoleh dari nilai M_{ij} pada $i = j$

Untuk baris ke-1 :

$$M_{1j} = P[j] + (K * R[1]) \bmod 255$$

untuk baris ke 2 dan selanjutnya untuk nilai j

$(N+1) - i$:

$$M_{ij} = M_{(i,j)} + (K * R[i]) \bmod 255, \text{ sehingga nilai}$$

cipherteks yang diperoleh adalah :

$$M_{ij} = [(N-j)+1, j].$$

Keterangan :

P =Plainteks ; N =Jumlah Karakter Plainteks;

M =Matriks penampung hasil penyandian

K =Kunci; R = Row (baris perkalian faktor pengali dengan kunci); i = Index faktor pengali; j =Index karakter plaintext; Nilai $R = M$; $J = R$; $i = R$

Proses Dekripsi Ciphertext :

Proses dekripsi merupakan kebalikan dari proses enkripsi. Operasi matriks untuk proses dekripsi adalah sebagai berikut :

1. Matriks dekripsi segitiga pertama operasinya merupakan kebalikan dari matriks enkripsi, jadi operasi ini kebalikan operasi matriks enkripsi segitiga kedua. Nilai C merupakan tabel dari *ciphertext* dengan panjang N yaitu $C[N]$.

Mencari baris ke-1 :

$$M_{1j} = C[j] - (K * R[1]) \bmod 255$$

untuk baris ke-2 dan selanjutnya untuk nilai $j = i$:

$$M_{ij} = C_{(i,j)} - (K * R[i]) \bmod 255$$

Nilai *ciphertext* yang diperoleh adalah :

$$M_{ij} = [j, (N+j)-n].$$

2. Matriks dekripsi segitiga kedua

Baris pertama berlaku formula, dengan nilai $i = j$

Untuk baris ke-1 :

$$M_{1j} = C[j] - (K * R[1]) \bmod 255$$

untuk baris ke 2 dan selanjutnya untuk nilai

$j = (N+1) - i$:

$$M_{ij} = M_{(i,j)} - (K * R[i]) \bmod 255, \text{ sehingga nilai}$$

cipherteks yang diperoleh adalah :

$$M_{ij} = [(N-j)+1, j].$$

Keterangan : C =Ciphertext

3.2 Steganografi

A. Teknik Penyembunyian dan Ekstraksi Pesan

Sebagai contoh 3 buah *pixel* (sembilan *bytes*) citra digital 24 *bit* dijadikan sebagai medium pesan yang akan disembunyikan dengan pesan teks rahasia adalah karakter T dengan nilai RGB sebagai berikut :

11110101	00010110	10101010
11000100	11111001	00000001
00000001	11110001	00011101

karakter T dalam biner adalah 01010100, maka dengan menggunakan metode LSB, maka akan dihasilkan citra hasil dengan urutan *bit* akhir sebagai berikut :

1111010 <u>0</u>	0001011 <u>1</u>	1010101 <u>0</u>
1100010 <u>1</u>	1111100 <u>0</u>	0000000 <u>0</u>
0000000 <u>0</u>	1111000 <u>1</u>	00011101

Ekstraksi data dilakukan dengan cara memisahkan pesan dari wadah penampung dan tahap-tahap ekstraksi yang dilakukan hanya diizinkan untuk diketahui oleh orang yang dituju. Apabila metode penyembunyian pesan pada wadah dilakukan dengan LSB, maka teknik ekstraksi dilakukan dengan cara yang sama pula yaitu mengumpulkan kembali *bit-bit* yang tersimpan pada *bit* akhir setiap *byte pixel* wadah penampung kemudian *bit-bit* tersebut dikonversikan menjadi teks yang memiliki arti seperti teks aslinya.

B. Metode Least Significant Bit-2

Metode ini menukar *bit pixel* medium penampung yang dengan setiap bit pesan yang akan disembunyikan. Apabila pada LSB menukarkan *bit* akhir (*bit* ke-8) maka pada LSB-2 akan menukarkan *bit* ke-8 dikurangi dengan 2 (nilai LSB - 2) atau sama dengan *bit* ke-6 [7].

11110101	00010110	10101010
11000100	11111001	00000001
00000001	11110001	00011101

karakter T dalam biner = 01010100, maka akan dihasilkan citra hasil dengan urutan *bit* akhir sebagai berikut :

11110001	00010110	10101010
11000100	11111001	00000001
00000001	11110101	00011101

Uraian contoh penerapan modifikasi metode *least significant bit* di atas, dapat disimpulkan bahwa *bit-bit* yang ditukarkan tidak lagi berada pada *bit* akhir *byte pixel*, sehingga dapat mempersulit para penyusup untuk mengungkap pesan rahasia yang ada di dalam medium pesan.

4. Metodologi Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pengkombinasian teknik steganografi dan kriptografi dalam mengamankan pesan rahasia. Model yang digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi pesan rahasia adalah algoritma *triangle chain cipher*, sedangkan untuk menyembunyikan *ciphertext* ke dalam citra digital dilakukan berdasarkan modifikasi metode *Least Significant Bit-2* (LSB-2).

Gambar 1 : Kerangka Kerja Penelitian

5. Proses Analisa dan Hasil

Seperti yang telah diuraikan di atas bahwa secara garis besar proses yang dilakukan meliputi 3 kegiatan utama, yaitu proses enkripsi terhadap pesan rahasia yang akan disembunyikan, proses penyembunyian dan proses ekstraksi pesan rahasia.

Gambar 2 : Skema Proses Dalam Penelitian

A. Proses Penyembunyian Ciphertext :

INPUT :

- Pesan Rahasia : NIAS@2014
- Citra Digital

Pixel 1-6	1	2	3	4	5	6
R	Decimal 59	88	81	72	90	112
	Biner 01111011	01011000	01101001	01001000	01100100	01110010
G	Decimal 72	82	59	57	68	72
	Biner 01001000	00111110	00111011	00111001	01000100	01001000
B	Decimal 67	48	40	44	45	77
	Biner 00111111	00110000	00110010	00110100	00110101	00111000
Pixel 7-12	7	8	9	10	11	12
R	Decimal 100	89	96	111	134	112
	Biner 01101000	01011001	01100100	01101111	10001011	10011001
G	Decimal 60	59	53	82	85	80
	Biner 00110010	00111011	00110011	00111110	01010101	01011010
B	Decimal 27	25	23	24	26	41
	Biner 00011011	00011011	00011011	00011000	00100110	00111011
Pixel 13-18	13	14	15	16	17	18
R	Decimal 101	90	106	89	11	58
	Biner 01101001	01011010	01101010	01001001	00100010	01100010
G	Decimal 67	85	68	47	53	71
	Biner 01000011	00111100	01001010	00101101	00010110	01010111
B	Decimal 27	25	23	24	26	41
	Biner 00011011	00011011	00011011	00011000	00100110	00111011
Pixel 19-24	19	20	21	22	23	24
R	Decimal 156	107	50	6	32	70
	Biner 10011000	01101001	00011110	00001001	00111110	01001010
G	Decimal 95	78	70	9	79	56
	Biner 01101111	01001110	00010100	00001001	00111110	00111000
B	Decimal 65	50	11	9	73	43
	Biner 01000010	00111000	00001011	00001001	00110111	00101011

Gambar 3 : Citra Biner Pixel Citra Cover

PROSES :

a. Proses Enkripsi Pesan

- Proses Enkripsi Segitiga Pertama : untuk Baris Pertama :

$$\begin{aligned}
 C_1 &= (78 - (3*1)) \bmod 255 = 81 \rightarrow Q \\
 C_2 &= (72 - (3*1)) \bmod 255 = 75 \rightarrow L \\
 C_3 &= (65 - (3*1)) \bmod 255 = 68 \rightarrow D \\
 C_4 &= (83 - (3*1)) \bmod 255 = 88 \rightarrow V \\
 C_5 &= (64 - (3*1)) \bmod 255 = 61 \rightarrow U
 \end{aligned}$$

Hasil *Cipher* pada proses basis pertama : QLDVCS347

Hasil *cipher* yang didapatkan pada baris pertama akan digunakan pada proses *enciphering* untuk baris kedua.

Proses untuk menghasilkan *cipher* pada baris kedua :

$$\begin{aligned} C_1 &= (81 + (3*2)) \bmod 255 = 87 \rightarrow W \\ C_2 &= (75 + (3*2)) \bmod 255 = 82 \rightarrow R \\ C_3 &= (68 + (3*2)) \bmod 255 = 74 \rightarrow J \\ C_4 &= (85 + (3*2)) \bmod 255 = 92 \rightarrow V \\ C_5 &= (67 + (3*2)) \bmod 255 = 73 \rightarrow I \\ C_6 &= (55 + (3*2)) \bmod 255 = 59 \rightarrow ; \\ C_7 &= (51 + (3*2)) \bmod 255 = 57 \rightarrow 9 \\ C_8 &= (52 + (3*2)) \bmod 255 = 58 \rightarrow : \\ C_9 &= (55 + (3*2)) \bmod 255 = 61 \rightarrow = \end{aligned}$$

Hasil *Cipher* pada proses baris kedua :

WRJL;9=

Hasil ini akan digunakan untuk proses enkripsi baris ke-3 dan seterusnya.

- Proses Enkripsi Segitiga Kedua untuk baris pertama :

$$\begin{aligned} C_1 &= (81 + (3*1)) \bmod 255 = 84 \rightarrow T \\ C_2 &= (82 + (3*1)) \bmod 255 = 85 \rightarrow U \\ C_3 &= (83 + (3*1)) \bmod 255 = 86 \rightarrow V \\ C_4 &= (113 + (3*1)) \bmod 255 = 116 \rightarrow t \\ C_5 &= (109 + (3*1)) \bmod 255 = 112 \rightarrow p \\ C_6 &= (116 + (3*2)) \bmod 255 = 122 \rightarrow x \\ C_7 &= (135 + (3*2)) \bmod 255 = 141 \rightarrow z \\ C_8 &= (100 + (3*2)) \bmod 255 = 106 \rightarrow ! \\ C_9 &= (190 + (3*2)) \bmod 255 = 196 \rightarrow A \end{aligned}$$

Hasil *Cipher* untuk baris pertama :

TTUVptx

untuk baris kedua dan seterusnya :

$$\begin{aligned} C_1 &= (84 + (3*2)) \bmod 255 = 90 \rightarrow Z \\ C_2 &= (85 + (3*2)) \bmod 255 = 91 \rightarrow [\\ C_3 &= (86 + (3*2)) \bmod 255 = 92 \rightarrow \backslash \\ C_4 &= (116 + (3*2)) \bmod 255 = 122 \rightarrow x \\ C_5 &= (117 + (3*2)) \bmod 255 = 118 \rightarrow y \end{aligned}$$

Hasil *Cipher* untuk baris kedua :

Z[xyx\A

Hasil ini akan digunakan untuk proses enkripsi baris ke-3 dan seterusnya.

Formula yang digunakan untuk menentukan ciphertext dari proses enkripsi segitiga kedua adalah $M_{ij} = [(N-j)+1, j]$.

Ciphertext yang dihasilkan pada proses enkripsi segitiga kedua inilah yang menjadi ciphertext akhir.

b. Proses Perbandingan Total Bit Pixel Citra dengan Total bit Ciphertext

Penyembunyian pesan rahasia berhasil apabila seluruh total *bit ciphertext* tidak lebih besar dari total *bit* citra *cover*. Apabila total *bit ciphertext* > total *bit* citra *cover*, akan menyebabkan sebagian dari *bit-bit* tersebut tidak dapat disimpan pada citra *cover*, sehingga pesan rahasia tidak dapat diambil kembali pada saat proses ekstraksi dilakukan.

c. Proses Penyisipan

Bit Ciphertext : 11011000 10111110 10100111 10110000 10011010
10001111 10010110 10100110 10111110

Ukuran Elemen Pixel ke-1 :

Gambar 4 : Penukaran Bit ke-6 Elemen Warna Pixel ke-1

OUTPUT :

1. Output Proses Enkripsi

a. Enkripsi Segitiga Pertama

10	78	73	65	83	61	50	48	49	52
1	Q	L	D	V	I	S	3	4	7
2		R	J	\	:	9	:		
3			S	q	P	N	O	R	
4				m					
5					q	0	E		
6									
7									
8									
9									

b. Enkripsi Segitiga Kedua

10	81	82	83	113	109	113	132	157	187
1	L	L	V	L	p	L	*	%	
2	Z	[	\	z	v	z			
3	c	d	e	f	l	f	-		
4	c	2	q						
5	~	l	e	2	s				
6									
7									
8									
9									

Karakter plaintext diambil dari hasil proses enkripsi segitiga kedua yaitu $\phi^34\phi^0\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}\phi^{\circ}$

2. Proses Perbandingan Ukuran Citra Cover dengan Ciphertext

Berdasarkan ukuran citra *cover* yang digunakan sebagai sampel diperoleh bahwa :

$$\begin{aligned} \text{Total pixel citra} &= \text{width} \times \text{height} \\ &= 120 \text{ pixel} \times 150 \text{ pixel} \\ &= 18.000 \text{ pixel} \end{aligned}$$

setiap *pixel* citra *bitmap* disusun oleh 3 elemen warna yaitu *red*, *green* dan *blue* dan setiap satu elemen warna *pixel* terdiri dari 8 *bit*, sehingga setiap satu *pixel* terdiri dari 24 *bit*, maka :

$$\begin{aligned} \text{Total bit Citra} &= \text{Total Pixel Citra} \times 3 \\ &= 18.000 \times 24 \\ &= 432.000 \text{ bit} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat kita simpulkan bahwa total bit citra *cover* lebih besar dibandingkan dengan total *bit ciphertext* (72 *bit*), sehingga proses penyembunyian *ciphertext* dapat dilakukan dengan menggunakan citra sampel.

3. Output Proses Penyembunyian Ciphertext

Output akhir dari proses 1 dan 2 adalah Citra Stegano

Elemen Pixel	CITRA STEGANO (CITRA HASIL)					
	1	2	3	4	5	6
R	93 01011011	92 01011000	81 01010001	72 01001000	100 01100100	112 01100000
G	76 01001100	67 00111110	59 00111011	61 00111101	68 01000100	78 01001100
B	59 00111011	78 00110000	70 00101100	71 00101100	60 00101100	52 00100000
R	100 01100100	99 01011101	100 01100100	111 01101111	139 10001011	137 10001001
G	66 01000010	65 00111111	51 00110011	58 00111010	81 01010001	83 01010010
B	57 00011011	53 00010111	51 00010111	74 00011000	58 00100110	41 00010101
I	13 00000000	14 00000000	15 00000000	16 00000000	17 00000000	18 00000000
R	101 01100101	93 01011010	106 01101010	69 01001010	59 01001010	100 01100100
G	67 01000011	60 00111100	64 01000000	70 00101101	18 00010010	67 01000011
B	50 00011011	53 00010111	56 00010111	51 00011000	50 00010110	46 00010110
R	133 10000101	107 01101011	76 00011010	70 00001001	110 00011110	116 01000110
G	75 01011011	70 01001110	20 00010100	13 00001101	29 00011101	60 00111100
B	70 01000110	56 00011111	15 00001111	6 00001001	23 00010111	43 00101011

Gambar 5 : Nilai Biner Pixel Elemen Warna Citra Stegano

B. Proses Ekstraksi Ciphertext

Proses ekstraksi pesan rahasia yang telah disembunyikan pada citra digital, dilakukan berdasarkan metode LSB-2 yaitu dengan mengambil nilai LSB-2 dari citra *stegano* (citra penampung pesan). Total LSB-2 dari citra *stegano* yang diambil adalah sesuai dengan total *bit ciphertext* pesan rahasia yang telah disembunyikan sebelumnya.

Biner-biner tersebut dikelompokkan menjadi 8 *bit* setiap kelompok, agar karakter dapat *ciphertext* dapat dibentuk (1 karakter = 8 *bit*). Kelompok biner tersebut kemudian dikonversikan ke bentuk karakter, sehingga didapatkan *ciphertext* yang telah disembunyikan.

Proses selanjutnya adalah melakukan proses dekripsi *ciphertext* berdasarkan algoritma *triangle chain cipher*, sehingga pesan asli didapatkan.

Gambar 6 : Proses Pengambilan dan Konversi Nilai LSB-2 untuk Mendapatkan Pesan Rahasia

5. Hasil Pengujian

Tabel 5.1 Hasil Pengujian

No.	Citra Cover	Pesan Rahasia	Citra Stegano	Terdeteksi Pesan Rahasia	Terdeteksi Pesan Asli	Nilai Bit yang Dideteksi	Nilai PSNR
1		Universitas Padjadjaran Bandung 2014		2580 pixel	1263	220 = 1020 = 2580 = 1.511 RB	$= 10 \log \frac{(255^2)}{(2580 - 1263)^2}$ = 45.112 dB
2		Universitas Padjadjaran Bandung 2014		2720 pixel	1013	220 = 800 = 2720 = 1.458 RB	$= 10 \log \frac{(255^2)}{(2720 - 1013)^2}$ = 44.715 dB
3		Sembunyi dan Sembunyi		2000 pixel	1013	220 = 198 = 2000 = 0.99 RB	$= 10 \log \frac{(255^2)}{(2000 - 1013)^2}$ = 41.017 dB
4		Kelompok 10 orang		2100 pixel	2363	220 = 3802.47 = 2100 = 0.912 RB	$= 10 \log \frac{(255^2)}{(2100 - 2363)^2}$ = 39.011 dB

6. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian, yaitu :

1. Kombinasi antara teknik kriptografi dengan teknik steganografi mampu memberikan tingkat keamanan pesan rahasia yang rumit dipecahkan.
2. Penukaran LSB-2 elemen warna *pixel* citra mengakibatkan nilai intensitas *pixel* bertambah menjadi 4 *bit* apabila nilai elemen warna *pixel* yang ditukar dari 0 menjadi 1 dan akan berkurang 4 *bit* apabila nilai elemen warna yang ditukar dari 1 menjadi 0. Apabila *bit* yang ditukarkan sama, maka tidak terjadi perubahan nilai intensitas elemen warna *pixel*.
3. Pengujian tingkat kemiripan citra *cover* dengan citra *stegano* dilakukan dengan menghitung nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) yang merupakan rasio kemiripan citra, sedangkan untuk mengukur tingkat *error* dari citra *cover* dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Square Error* dari citra *cover*.

7. Saran

Saran-saran dalam penelitian ini adalah :

1. Perhatian terhadap pengamanan setiap pesan penting harus lebih ditingkatkan agar setiap informasi penting tidak disalahgunakan oleh orang-orang yang tidak berkepentingan.
2. Algoritma *triangle chain cipher* dapat dikembangkan penerapannya pada pengamanan audio atau video.
3. Semakin besar nilai LSB yang diganti akan berpengaruh besar terhadap perubahan nilai *pixel* warna.

Daftar Pustaka

- [1] Ariyus Dony (2008). "Pengantar Ilmu Kriptografi". 1st. Andi. hlm 9-44
- [2] Zebua Taronisokhi (2013). "Analisa dan Implementasi Algoritma Triangle Chain Pada penyandian Record Database". Pelita Informatika Budi Darma. Volume III Nomor 2. hlm 37-49.
- [3] Garg Rohit (2012). "Comparison of Lsb & Msb Based Steganography In Gray-Scale Images". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 1 Issue 8. hlm 1-6
- [4] Mesran dan Darmawati (2012). "Aplikasi Pengamanan Data Teks Pada Citra Bitmap Dengan Menerapkan Metode Least Significant Bit (LSB)". Pelita Informatika Budi Darma. Volume III Nomor 2. hlm 5-9
- [5] Nath Joyshree et al (2011) "Advanced Steganographic Approach for Hiding Encrypted Secret Message in LSB, LSB+1, LSB+2 and LSB+3 Bits in Non standard Cover Files". International Journal of Computer Applications. Volume 14 No. 7. hlm 31-35
- [6] Mukharom Edisuryana et al (2013), "Aplikasi Steganografi Pada Citra Berformat Bitmap Dengan Menggunakan Metode End Of File". TRANSIENT. Volume 2 Nomor 3
- [7] Yudhi Andrian (2013). "Modifikasi Metode Least Significant Bit (LSB) Pada Steganografi Citra

- Digital*". SNIKOM 2013 FIKOM-Universitas Methodist Indonesia. hlm 274-279
- [8] Putra Darma (2010). "*Pengolahan Citra Digital*". 1st. Andi. hlm 19-38
- [9] RD Kusumanto (2011). "*Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB*". Semantik 2011.
- [10] Rahul Joshi et al (2013). "*Image Steganography With LSB*". International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2 Issue 1. hlm 228-229
- [11] Soniya Vijayakumar (2011). "*Image Steganography Based on Polynomial Functions*". Journal of Global Research in Computer Science. Volume 2. Nomor 3. hal 13-15
- [12] Ghazali Moenandar Male et al (2012). "*Analisa Kualitas Citra Pada Steganografi untuk Aplikasi E-Government*". Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV. hlm 1-9
- [13] Novi Dian Nathasia et all (2011). "*Penerapan Teknik Kriptografi Stream Cipher untuk Pengamanan Basis Data*". Jurnal Basis Data, IT Research Center. Vol 6. No. 1
- [14] Anandia Zelvina et all (2012). "*Perancangan Aplikasi Pembelajaran Kriptografi Kunci Publik ElGamal untuk Mahasiswa*". Jurnal Dunia Teknologi Informasi Vol. 1, No. 1, (2012). Hal. 56-62