



---

**Tesis - KI142502**  
**Pengembangan Metode Difference Expansion**  
**pada Data Hiding dengan Fungsi Modulo**

Yogi Kurniawan  
5114201028

DOSEN PEMBIMBING  
Tohari Ahmad, S.Kom., MIT., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KOMPUTASI BERBASIS JARINGAN  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016





Thesis - KI142502

# **Enhancing Difference Expansion Reversible Data Hiding Method by using Modulo Function**

Yogi Kurniawan

5114201028

SUPERVISOR

Tohari Ahmad, S.Kom., MIT., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM

NETWORK CENTRIC COMPUTING

DEPARTMENT OF INFORMATICS ENGINEERING

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016



Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Komputer (M.Kom.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

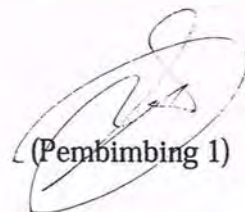
oleh:  
YOGI KURNIAWAN  
Nrp. 5114201028

Dengan judul :  
Pengembangan Metode Difference Expansion pada Data Hiding dengan Fungsi Modulo

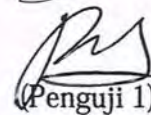
Tanggal Ujian : 22-6-2016  
Periode Wisuda : 2015 Genap

setujui oleh:

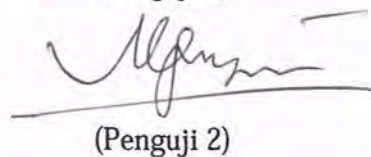
Shari Ahmad, S.Kom, MIT, Ph.D  
NIP. 197505252003121002

  
(Pembimbing 1)

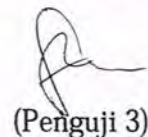
Yoyana Muslim I, S.Kom, M.Kom, Ph.D  
NIP. 197708242006041001

  
(Penguji 1)

Muchammad Husni, M.Kom  
NIP. 196002211984031001

  
(Penguji 2)

Hudan Studiawan, S.Kom, M.Kom  
NIP. 198705112012121003

  
(Penguji 3)

Direktur Program Pasca Sarjana,  
  
Prof. Dr. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196012021987011001



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# PENGEMBANGAN METODE *DIFFERENCE EXPANSION* PADA DATA HIDING DENGAN FUNGSI MODULO

Nama mahasiswa : Yogi Kurniaan  
NRP : 5114201028  
Pembimbing : Tohari Ahmad, S.Kom, MIT, Ph.D.

## ABSTRAK

Tren pengiriman data melalui media internet mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya penggunaan teknologi informasi. Salah satu cara melindungi informasi digital adalah dengan melakukan penyembunyian data. Penyembunyian data pada sebuah media diperlukan untuk melindungi baik pesan maupun media pembawa pesan. Metode penyembunyian data yang populer adalah steganografi. Pada steganografi Pesan rahasia akan disisipkan pada sebuah media yang disebut *cover* media. Salah satu metode yang kerap kali digunakan untuk steganografi adalah Difference Expansion (DE). Kelebihan dari metode DE adalah metode ini mampu menyediakan penyisipan yang besar dengan kompleksitas yang rendah.

Kelemahan dari metode DE adalah ekspansi dari selisih *pixel* yang dilipatgandakan dalam metode penyisipannya. Hal ini berakibat turunnya kualitas citra hasil penyipkan yang dihasilkan. Metode yang diusulkan adalah dengan merubah pesan menjadi bilangan berbasis tiga dan membandingkan dengan modulus tiga dari selisih. Nilai piksel yang baru akan memiliki nilai yang mendekati nilai piksel dari citra yang asli dikarenakan perubahannya diantara -2 sampai +2. *Location map* yang dibentuk akan disimpan pada sebuah berkas dan sebagian akan disisipkan kemabali ke citra hasil penyisipan. Dengan demikian diharapkan kualitas citra hasil penyisipan akan tetap baik dan bertambahnya kapasitas penyimpanan dari *cover* media.

Metode pertukaran kunci *Diffie-Helman* digunakan untuk menjamin keamanan pengiriman berkas *location map*. Kunci tersebut digunakan untuk mengacak urutan pewarnaan graph yang simpulnya sesuai dengan karakter pada *location map*. Dari graph tersebut digunakan untuk transformasi dan detransformasi dengan menelusuri simpul simpul graph berdasarkan warna yang diberikan.

Dari penelitian yang telah dilakukan, metode DE dengan fungsi modulo mampu memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan metode DE yang diusulkan sebelumnya. Hal ini terlihat pada hasil PSNR dengan rata rata nilai pada 45db ketika disisipi pesan maksimal serta hasil SSIM dan UQI yang mendekati angka 1. Selain itu dari sisi keamanan metode yang diusulkan mampu memberikan nilai *KL divergence* yang mendekati 0 atau sama dengan citra cover sebelum disisipi dan pada pengujian *Chi Square Attack* memiliki nilai *p-value* dibawah 0,5.

**Kata Kunci:** *steganografi, difference expansion, fungsi modulo, location map.*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# ***ENHANCED DIFFERENCE EXPANSION DATA HIDING WITH MODULUS FUNCTION***

Name : Yogi Kurniawan  
Student Identity Number: 5114201028  
Supervisor : Tohari Ahmad, S.Kom, MIT, Ph.D.

## ***ABSTRACT***

*Data transmission via the Internet has increased along with the increasing use of information technology. One way to protect digital information is to perform data hiding. Data hiding on a media is required to protect both the message and the media messengers. A popular method of data hiding is steganografi. At steganografi secret message will be inserted in a medium called cover media. One method that often used for steganografi is Difference Expansion (DE). The advantages of this method is DE able to provide a large insertion with low complexity.*

*The weaknes of DE method is on the embedding process, the new difference always doubled from the real difference. This step will decrease the stego image quality. The proposed method is to change the message into a series of base three numbers and compare it with modulo three of the difference between each quad pixel. The new pixel value is relatively close to its original one because the changes are limited between -2 to +2. Location map created will be stored in a file, and some part will be embedded back into the stego image.*

*Diffie-Hellman key exchange used to secure the location map's file. The key is used to randomize the order of graph edge label. The Node of the graph consist of location map's character that connected to each other. Transformation and detransformation of location map performed by tracing node by node based on label of the edge.*

*From the research that has been done, the proposed method is able to have a better quality than the previously proposed DE method. This is seen in the results of PSNR with the average value of the 45dB when embedded with maximum message as well as the results of SSIM and UQI approaching the number 1. Also from the security of the proposed method is able to provide the KL divergence value close to 0 or the same as before the cover image embedded and the Chi Square Attack test has a p-value below 0.5.*

***Key Words:*** *steganografi, difference expansion, modulus function, location map .*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT. atas ridho dan segala pemberianNya sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis dengan judul "Pengembangan Metode Difference Expansion pada Data Hiding Dengan Fungsi Modulo" ini. Shalawat serta salam disampaikan juga kepada Rasulullah Muhammad SAW. yang dengan segala ketulusannya bersedia menyampaikan ajaran-ajaran Islam sehingga bisa sampai kepada penulis. Walaupun penulis belum pernah bertemu secara langsung, penulis mencoba menjadikan beliau sebagai rujukan dalam segala tindakan berdasarkan referensi-referensi yang ada dan dapat diterima.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung proses penyelesaian tesis ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan dukungan moral, doa sampai finansial kepada penulis sehingga proses perkuliahan maupun penyelesaian tesis ini dapat terus dapat terus berjalan. Terima kasih Bapak dan Ibu atas segala dukungan terhadap anakmu ini.
2. Bapak Tohari Ahmad yang telah memberikan bimbingan dan berbagai tantangan dalam menyelesaikan tesis ini sehingga tidak hanya sebagai syarat kelulusan studi S2, tetapi penulis juga mampu memahami bidang keilmuan yang dibahas pada tesis ini.
3. Bapak Royyana Muslim, Bapak Muchammad Husni, dan Bapak Hudan Studiawan selaku penguji yang telah bersedia memberikan koreksi dan masukan terhadap tesis ini.
4. Saudari Mamluatul Hani'ah yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
5. Teman-teman S2 FTif yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala pengalaman dan bantuan yang diberikan terhadap penulis.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang bersifat membangun selalu dinantikan untuk perbaikan di masa mendatang. Akhirnya, penulis berharap agar tesis ini mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi bidang keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, Juni 2016

Yogi Kurniawan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB 1_PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Kontribusi Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2_KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1 <i>Data Hiding</i> .....	9
2.2 <i>Difference Expansion</i> .....	9
2.3 Pewarnaan Graph.....	11
2.4 Pertukaran Kunci Diffie-Helman .....	12
2.5 Parameter Pengujian.....	12
2.4.1 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> .....	12
2.4.2 <i>Bit per Pixel</i> .....	13
2.4.3 <i>Structural Similarity (SSIM)</i> .....	13
2.4.4 <i>Universal Image Quality Index (UQI)</i> .....	13

2.4.5	Chi-Square .....	13
2.4.6	Kullback–Leibler (K–L) <i>divergence</i> .....	14
BAB 3 METODE PENELITIAN .....		17
3.1	Tahapan Penelitian.....	17
3.2	Studi Literatur .....	17
3.3	Perancangan Algoritma.....	18
3.3.1	Proses Penyisipan .....	18
3.3.2	Proses Ekstraksi.....	20
3.3.3	Proses Pengembalian <i>Cover Media</i> .....	21
3.3.4	<i>Location Map (LM)</i> .....	22
3.3.5	Pengamanan Berkas <i>Location map</i> .....	23
3.4	Implementasi Penelitian.....	29
3.5	Perancangan Uji Coba dan Analisis Hasil .....	29
3.6	Penyusunan Buku Tesis .....	30
3.7	Jadwal Penelitian .....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Spesifikasi Sistem .....	31
4.2	Implementasi Metode.....	31
4.2.1	Implementasi <i>Embedding Data</i> .....	31
4.2.2	Implementasi Ekstraksi Data .....	32
4.2.3	Implementasi Penanganan <i>Location map</i> .....	32
4.2.4	Implementasi Pengembalian <i>Cover Media</i> .....	33
4.2.5	Implementasi Pengamanan <i>Location map</i> .....	34
4.3	Hasil dan Uji Coba.....	35
4.3.1	Pengujian pada Citra <i>Greyscale</i> .....	36
4.3.2	Pengujian pada Citra Berwarna RGB .....	39

4.3.3	Pengujian pada Citra Berwarna RGB berupa Citra Medis.....	43
4.4	Analisa dan Pembahasan .....	47
4.4.1	Perbandingan Kualitas .....	47
4.4.2	Perbandingan Keamanan.....	58
BAB 5 Kesimpulan Dan Saran .....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA .....		67
LAMPIRAN.....		69
BIODATA PENULIS .....		95

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Penyisipan .....	19
Gambar 3.3. Contoh blok <i>pixel</i> 2x2 dan posisi $U_m$ pada blok 2x2 .....	19
Gambar 3.4. Diagram Alir Proses Ekstraksi .....	21
Gambar 3.5. Bentuk penulisan berkas <i>location map</i> .....	23
Gambar 3.6. Diagram alir proses pengamanan <i>location map</i> .....	24
Gambar 3.7. Pseudocode pengacakan IV.....	25
Gambar 3.8. Contoh graph dengan dua simpul angka .....	26
Gambar 3.9. Proses transformasi dengan menelusuri graph .....	27
Gambar 4.1. Potongan <i>Pseudocode</i> Proses Penyisipan .....	32
Gambar 4.2. Potongan <i>Pseudocode</i> Ekstraksi Data .....	32
Gambar 4.3. Potongan <i>Pseudocode</i> Penyisipan dan Penulisan <i>Location map</i> .....	33
Gambar 4.4. <i>Pseudocode</i> Proses Pengembalian <i>Cover Media</i> .....	33
Gambar 4.5. Potongan <i>Pseudocode</i> Fungsi Transformasi <i>Location map</i> .....	34
Gambar 4.6 Potongan <i>Pseudocode</i> Fungsi Detransformasi <i>Location map</i> .....	35
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan PSNR degan Metode Sebelumnya pada Citra Greyscale.....	48
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran PSNR ada Citra Berwarna RGB Lena .....	49
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran PSNR pada Citra Berwarna RGB Baboon.....	49
Gambar 4.10 Grafik perbandingan PSNR pada kapasitas maksimal dan dengan ukuran blok yang berbeda .....	50
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan PSNR pada Citra Medis.....	51
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan SSIM dengan Metode Sebelumnya pada Citra <i>Greyscale</i> .....	52
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan SSIM dengan Metode Sebelumnya pada Citra Berwarna RGB .....	52
Gambar 4. 14 Grafik perbedaan nilai SSIM pada citra medis .....	53

Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan UQI dengan Metode Sebelumnya pada Citra <i>Greyscale</i> .....	54
Gambar 4. 16 Grafik perbandingan UQI pada Citra Berwarna RGB.....	54
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan UQI pada citra medis.....	55
Gambar 4. 18 Perbandingan hasil citra dengan penyisipan maksimal .....	57
Gambar 4. 19 Grafik perbandingan nilai <i>KL divergence</i> pada citra <i>greyscale</i> .....	59
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan <i>KL divergence</i> pada Citra Berwarna RGB ...	60
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan <i>KL divergence</i> Pada Citra Medis.....	60
Gambar 4. 22. Komparasi rata rata P-value Chi Square Attack pada Citra <i>Greyscale</i> .....	61
Gambar 4. 23 Komparasi rata rata P-value pada Citra Berwarna RGB .....	62
Gambar 4. 24. Grafik Perbandingan Chi Square pada Citra Medis .....	62
Gambar 4. 25. Grafik P-value pada citra Lena <i>Greyscale</i> .....	63
Gambar 4. 26. Grafik P-value pada citra Lena dengan penyisipan 100Kbit pada metode usulan.....	63
Gambar 4. 27. Grafik P-value pada penyisipan 100Kbit dengan metode yang diusulkan (Holil & Ahmad, 2014).....	63
Gambar 4. 28. Grafik P-value pada penyisipan 100Kbit dengan metode yang diusulkan (Alattar, 2014).....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Model <i>Location map</i> .....	22
Tabel 3.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	31
Tabel 4.2 Hasil PSNR pada citra <i>greyscale</i> .....	37
Tabel 4.3 Hasil SSIM pada citra <i>greyscale</i> .....	37
Tabel 4.4 Hasil UQI pada citra <i>greyscale</i> .....	38
Tabel 4.5 Hasil pengukuran <i>KL divergence</i> pada citra <i>greyscale</i> .....	38
Tabel 4.6 Hasil pengukuran chi square attack pada citra <i>greyscale</i> .....	38
Tabel 4.7 Kapasitas maksimal yang dapat disisipkan .....	39
Tabel 4.8 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB bagian pertama .....	40
Tabel 4.9 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB bagian kedua .....	40
Tabel 4.10 Hasil SSIM pada citra berwarna RGB bagian pertama.....	40
Tabel 4.11 Hasil SSIM pada citra berwarna RGB bagian kedua.....	40
Tabel 4.12 Hasil UQI pada citra berwarna RGB bagian pertama.....	41
Tabel 4.13 Hasil UQI pada citra berwarna RGB bagian kedua .....	41
Tabel 4.14 Hasil <i>KL divergence</i> pada citra berwarna RGB bagian pertama .....	41
Tabel 4.15 Hasil <i>KL divergence</i> pada citra berwarna RGB bagian kedua.....	42
Tabel 4.16 Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB bagian pertama ..	42
Tabel 4.17 Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB bagian kedua.....	42
Tabel 4.18 Hasil kapasitas maksimal pesan yang dapat disisipkan .....	42
Tabel 4.19 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB medis bagian pertama .....	43
Tabel 4.20 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB medis bagian kedua.....	44
Tabel 4.21 Hasil SSIM pada citra berwarna RGB medis bagian pertama .....	44
Tabel 4.22 Hasil SSIM pada citra berwarna RGB medis bagian kedua .....	44
Tabel 4.23 Hasil UQI pada citra berwarna RGB medis bagian pertama .....	45
Tabel 4.24 Hasil UQI pada citra berwarna RGB medis bagian kedua.....	45
Tabel 4.25 Hasil <i>KL divergence</i> pada citra berwarna RGB medis bagian pertama .....	46
Tabel 4. 26 Hasil <i>KL divergence</i> pada citra berwarna RGB medis bagian kedua	46

Tabel 4.27 Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB medis bagian pertama .....	46
Tabel 4. 28 Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB medis bagian kedua .....	47
Tabel 4. 29 Kapasitas maksimal citra medis .....	47
Tabel 4. 30. Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal antara Metode usulan dengan Metode Sebelumnya pada Citra <i>Greyscale</i> .....	56
Tabel 4. 31 Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal pada Citra Berwarna RGB	56
Tabel 4. 32 Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal pada Citra Medis.....	56

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi informasi pada berbagai bidang beberapa tahun terakhir membuat pertukaran informasi digital semakin sering dilakukan. Informasi digital yang dikirimkan tidak hanya berupa pesan teks akan tetapi juga pesan multimedia berupa citra, audio dan video. Kelebihan sekaligus kelemahan dari informasi digital adalah mudah untuk digandakan, serta dapat dirubah dengan mudah oleh pihak lain sehingga informasi yang dikirimkan menjadi tidak sesuai dengan informasi saat dikirimkan (Lee & Chen, 2012). Perlindungan terhadap informasi yang dikirimkan menjadi permasalahan penting.

Salah satu cara melindungi informasi digital adalah dengan melakukan penyembunyian data. Penyembunyian data dilakukan dengan menyisipkan sebuah pesan pada *cover media*. Penyembunyian data tersebut berguna untuk perlindungan kepemilikan sebuah informasi, autentikasi sebuah informasi tidak dirubah, kontrol akses terhadap informasi yang ditransmisikan, sebagai catatan terhadap informasi tersebut, dan juga komunikasi secara rahasia oleh pengirim dan penerima informasi yang sah (LEE, H. C., C, & Chu, 2008). Steganografi merupakan cabang penyembunyian data yang digunakan untuk menyembunyikan informasi penting ketika informasi tersebut dikirimkan melalui jaringan publik (Tang, Hu, Song, & Zeng, 2015). Teknik penyembunyian data yang bertujuan untuk melindungi *copyright* dan jaminan keaslian sebuah informasi disebut *watermark*.

Teknik penyembunyian data memiliki empat kebutuhan yang mendasar, kualitas penyembunyian, ketahanan terhadap serangan, kapasitas informasi, dan keamanan. Akan tetapi untuk menjamin seluruh kebutuhan tersebut merupakan suatu hal yang sulit. Terdapat pertukaran semisal ketika ingin meningkatkan kapasitas dalam menyembunyikan sebuah informasi maka kualitas yang dihasilkan akan menurun karena besarnya data yang perlu dirubah ketika menyisipkan informasi yang besar dan sebaliknya (Lou, Hu dan Liu, 2009).

Penyisipan informasi pada sebuah media dapat menghancurkan *cover* media bahkan ketika informasi telah diambil. Akan tetapi pada dunia kesehatan, militer, dan hukum, perubahan besar pada *cover* media harus dihindari, hal ini dapat membuat pengambilan keputusan yang tidak tepat pada sisi penerima. Dengan demikian penyembunyian data secara lossless, atau meminimalisir distorsi pada *cover* media dan tetap dapat mengembalikan *cover* media seperti sebelum dilakukan penyisipan, merupakan permasalahan yang signifikan.

Beberapa penelitian terkait teknik penyembunyian data dapat dibagi menjadi dua jenis, pada domain spasial dan pada domain frekuensi. Pada domain spasial penyembunyian data dilakukan dengan memodulasi koefisien transformasi seperti *Discrete Fourier Transform* (DFT), discrete cosine transform (DCT) and *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Penyembunyian data pada domain spasial dilakukan dengan merubah secara langsung nilai penyusun dari sebuah *cover* media. Teknik yang dilakukan seperti penyisipan *Least Significant Bit* (LSB). Penyisipan pada LSB dilakukan langsung dengan memodifikasi nilai dari LSB pada satu titik *pixel* seperti pada (Lou dan Hu 2012) dan (Luo, Huang, & Huang, 2010) dan (Yang, 2008). Kelebihan dari metode ini adalah kapasitas penyimpanannya yang besar, akan tetapi memiliki performa yang kurang baik dari sisi keamanan.

Pada tahun 2003 Tian melakukan penelitian penyembunyian data dengan Difference Expansion (DE) yaitu menggunakan perbedaan dari pasangan piksel untuk menyisipkan data. Perbedaan dari piksel-piksel yang berpasangan tersebut dikembangkan dan disisipi oleh informasi rahasia. Beberapa pengembangan akan menimbulkan overflow dan underflow nilai *pixel* sehingga dibutuhkan *location map* untuk menandai pasangan *pixel* yang digunakan, kapasitas informasi maksimal yang dapat disisipkan adalah 0,5 bpp (Tian, 2003).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Allatar menambah kapasitas dari teknik DE dinamakan *generalized difference expansion*, penambahan kapasitas dilakukan dengan menambah jumlah anggota pasangan yang disisipi pesan menjadi satu blok. Dibutuhkan sebuah *pixel* referensi yang nantinya dirubah menjadi rata rata dari tiap anggota penyusun pasangan *pixel* (Alattar, 2004). Salah satu kekurangan dari metode DE adalah permasalahan *difference* yang selalu dikembangkan menjadi dua kali lipat dari perbedaan sebelumnya. Hal ini kemudian diperbaiki oleh

penelitian (Lou, Hu dan Liu 2009) dengan mengecilkan perbedaan tersebut dengan menggunakan fungsi logaritma untuk nilai selisih lebih dari dua dinamakan *reduced difference expansion*. Akan tetapi pada penelitian ini hanya mereduksi perbedaan yang dihasilkan dan tetap melakukan pengembangan perbedaan menjadi dua kali lipat semula.

Penelitian untuk meningkatkan performa dari DE juga dilakukan oleh penelitian ini (Holil & Ahmad, 2014), penelitian ini mengintegrasikan metode *generalized difference expansion* dan *reduced difference expansion*. Pada penelitian ini titik referensi pada penelitian Allatar merupakan rata-rata *pixel* penyusun dirubah menjadi median. Penelitian ini melakukan reduksi terlebih dahulu seperti yang dilakukan pada penelitian (Lou, Hu dan Liu 2009), jika penyisipan pesan pada hasil reduksi dari perbedaan *pixel* mengalami *overflow* atau *underflow* maka akan dilakukan perubahan sesuai dengan penelitian (Alattar, 2004). Apabila masih mengalami *overflow* atau *underflow* maka blok tersebut akan diabaikan

Penelitian lain untuk meningkatkan kapasitas dari metode DE adalah metode *Prediction Error Expansion* (PEE) yang diusulkan oleh (Thodi dan Rodríguez 2007) dan dikembangkan pada beberapa penelitian (Lee, Chen dan Tso 2010) dan (Lee dan Chen 2012). Metode ini melakukan prediksi pada sebuah nilai *pixel* berdasarkan *pixel* yang berdekatan. Kemudian selisih nilai prediksi dan nilai *pixel* yang sebenarnya merupakan error yang dikembangkan dan menjadi tempat penyisipan informasi rahasia. Karakteristik dari metode ini adalah terdapat beberapa *pixel* yang tidak dilakukan penyisipan dikarenakan sebagai titik acuan ketika melakukan ekstraksi pesan rahasia, karakteristik yang lain adalah tidak terdapat *location map* seperti pada metode DE. Sebuah *threshold* diberikan untuk membatasi penyisipan data agar tidak terjadi *overflow* atau *underflow*. Jika *pixel* tidak dapat dilakukan penyisipan maka akan dilakukan pergeseran sesuai nilai *threshold* yang diberikan.

Dari metode metode yang ada penyisipan informasi pada domain spasial memiliki keuntungan kompleksitas yang rendah dalam melakukan penyisipan dan ekstraksi informasi. Metode PEE yang diadaptasi dari metode DE memiliki kualitas dibawah DE, hal ini dikarenakan banyaknya *pixel* yang dilakukan perubahan sehingga menurunkan kualitas sampul gambar. Akan tetapi kapasitas yang besar

merupakan keuntungan dibandingkan dengan metode DE. Metode DE maupun PEE sama sama memiliki kelemahan pada model penyisipan informasi, dimana perbedaan dari pasangan *pixel* ataupun error akan selalu dilipatgandakan hal tersebut tentu membuat kualitas *cover* media akan jauh berbeda ketika sebelum dilakukan penyisipan.

Untuk mengatasi perubahan dua kali perbedaan pasangan *pixel* pada DE diusulkan menggunakan fungsi modulo 3 pada perbedaan tiap pasang. Modulo 3 dipilih dikarenakan tidak akan merubah banyak perbedaan pada tiap pasang. Perbedaan tiap pasang *pixel* hanya akan bertambah satu, berkurang satu, atau tidak akan dilakukan perubahan. Untuk menanggulangi *overflow* maupun *underflow* dari *pixel* yang dihasilkan maka untuk proses penyisipan tidak akan menggunakan nilai *pixel* 0,1,254, dan 255. Hal ini dikarenakan *pixel pixel* tersebut digunakan sebagai penanda *pixel* yang tidak digunakan karena akan mengakibatkan *overflow* dan *underflow* ketika digunakan sebagai media penyisipan. *Location map* yang dibutuhkan tidak lagi per blok *pixel* seperti metode DE sebelumnya, akan tetapi tiap penyusun blok selain titik referensi akan memiliki sebuah *location map*. *Location map* sendiri akan dibagi menjadi 2 dimana satu bagian akan disimpan pada sebuah berkas dan bagian lainnya akan disisipkan pada *cover* yang telah disisipi pesan. Penyisipan *location map* yang diusulkan adalah dengan melakukan menyisipkan pada nilai modulo 8 dari titik referensi. Nilai modulo 8 dipilih karena nilai maksimal dari *location map* bagian kedua akan memiliki nilai desimal 7.

Untuk menjaga keamanan dari pengiriman *location map*, diusulkan protocol pengiriman dengan memanfaatkan pewarnaan graph. Kunci dibagikan dengan metode Deffie-Helman dan hasil kunci digunakan untuk mengacak warna warna graph sehingga pihak lain selain pengirim dan penerima tidak bisa mengetahui urutan dari warna dan model pewarnaan pada graph. Kemudian model transformasi dan detransformasi mengikuti protocol yang telah diusulkan oleh (Pambudi & Ahmad, 2015)

Dengan demikian diharapkan kualitas yang dibentuk oleh proses penyisipan yang diusulkan akan lebih baik dibandingkan metode sebelumnya dikarenakan sedikitnya perubahan yang dilakukan pada *cover* media. Selain itu kapasitas yang dapat ditampung akan semakin besar dikarenakan perubahan perbedaan yang



sedikit sehingga hampir setiap nilai *pixel* dapat dilakukan penyisipan dan juga *location map* yang tidak digabungkan dengan pesan dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan pada sebuah *cover* media.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah-masalah yang akan diselesaikan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana metode penyisipan pesan rahasia menggunakan fungsi modulus pada perbedaan nilai *pixel* dan titik referensi?
2. Bagaimana pengaruh fungsi modulo dalam penyembunyian data dengan *difference expansion*.

## 1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. *Cover* media yang digunakan adalah berupa citra digital
2. Data citra digital yang digunakan berupa data set citra testing standar *greyscale* dan RGB dengan ukuran 512x512 *pixel* (California 2015)
3. Data citra digital yang digunakan berupa data set citra x-ray medis RGB yang diambil dari (Library 2015)
4. Informasi yang disisipkan berupa teks pengisi standar “*lorem ipsum*”
5. Pada proses pengamanan *Location map*, nilai *Initialization Vector* (IV) dan bilangan prima (*p*) dan *prime root primitive* (*g*) merupakan kesepakatan antara pengirim dan penerima
6. Pengembangan metode data hiding *difference expansion* mencakup distribusi *location map*.
7. Fungsi modulo yang digunakan adalah modulo 3.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penyisipan informasi dengan fungsi modulus pada sebuah citra digital

2. Menyimpan informasi yang dibutuhkan pada saat proses ekstraksi informasi.
3. Mendapatkan informasi dan mengembalikan citra dari hasil ekstraksi pada citra yang telah dilakukan penyisipan informasi
4. Mengamankan *location map* dalam proses pengiriman.
5. Menguji metode yang diusulkan untuk mengetahui performa dengan dibandingkan dengan metode yang sudah ada sebelumnya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas citra hasil dari proses penyembunyian data, sehingga citra hasil penyisipan akan lebih menyerupai citra asli sebelum dilakukan penyisipan. Dengan demikian semakin sulit ditebak suatu media telah disisipi informasi atau tidak. Penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas informasi yang dapat disisipkan pada sebuah media sehingga beragam informasi nantinya dapat disisipkan dan citra hasil penyisipan dapat dikembalikan seperti sebelum dilakukan penyisipan sehingga citra tersebut masih dapat dipergunakan.

### **1.6 Kontribusi Penelitian**

Kontribusi dari penelitian ini adalah integrasi metode *Reversible Data Hiding Difference Expansion* dengan fungsi Modulus dan bentuk serta metode penyimpanan *location map*. Fungsi modulus digunakan untuk menggantikan metode penyipian pada Metode DE dimana perbedaan dikalikan dua, digantikan dengan perbedaan ditambah dengan satu, dikurangi satu, atau dibiarkan sesuai dengan hasil modulo tiga dari perbedaan dan informasi yang disisipkan. *Location map* yang digunakan untuk menyimpan informasi ekstraksi akan dibagi dua, satu bagian akan disimpan pada file dan bagian lain akan disisipkan kembali pada *cover media*.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ditunjukkan untuk memberikan gambaran dan uraian dari penelitian, secara garis besar yang meliputi beberapa bab, sebagai berikut:

## BAB 1 : PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan menguraikan tentang latar belakang masalah yang kemudian dirumuskan kedalam rumusan masalah dalam bentuk uraian terstruktur dan dilengkapi dengan, batasan masalah, tujuan, manfaat, kontribusi serta sistematika penulisan.

## BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bagian tinjauan pustaka melakukan pengkajian mengenai teori-teori dan referensi yang berkaitan dan menunjang penelitian.

## BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data permasalahan. Data selanjutnya diolah dengan menggunakan metode yang diajukan untuk mendapatkan pengetahuan serta informasi yang bisa dimanfaatkan oleh pengguna.

## BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan dijabarkan dan dijelaskan hasil yang diperoleh dari hasil penelitian berupa analisa terhadap pengetahuan yang dihasilkan dari pengguna menggunakan metode yang diusulkan

## BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil berdasarkan analisa setelah pengujian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas beberapa teori dasar yang menunjang dalam pembuatan Tjugas Akhir.

#### **2.1 Data Hiding**

Penyembunyian data adalah seni menyembunyikan sinyal pesan dalam sinyal inang tanpa distorsi persepsi dari sinyal inang (Sencar, Ramkumar, & Akansu, 2004). Istilah teknis dari penyembunyian data berasal dari kata Yunani *steganos*, yang berarti tertutup dan *graphia*, yang berarti menulis. Steganografi adalah seni berkomunikasi secara tersembunyi. Dalam penyembunyian data dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut fungsi penyembunyiannya, steganografi dan watermarking.

#### **2.2 Difference Expansion**

*Difference expansion* (DE) dikembangkan pada tahun 2003 oleh Jun Tian (Tian, 2003). Proses Penyisipan informasi pada sebuah citra menggunakan selisih dari piksel yang bertetangga. Semisal  $u_1$  dan  $u_2$  merupakan piksel yang bertetangga pada sebuah citra *grayscale* 8 bit maka  $m$  merupakan rata-rata dari kedua piksel tersebut dan  $d$  merupakan selisih dari dua piksel tersebut dengan persamaan 2.1.

$$m = \frac{u_1 + u_2}{2}, d = u_1 - u_2 \quad (2.1)$$

Penyisipan pada persamaan 2.2 dilakukan dengan mengembangkan selisih di antara kedua piksel dengan sebuah pesan  $b$ .

$$\tilde{d} = 2xd + b \quad (2.2)$$

Pada persamaan 2.3 selisih piksel yang baru kemudian digunakan untuk membentuk piksel yang baru berdasarkan rata-rata piksel asli.

$$u_1 = m + \left\lfloor \frac{\tilde{d}+1}{2} \right\rfloor, u_2 = m - \left\lfloor \frac{\tilde{d}}{2} \right\rfloor \quad (2.3)$$

Piksel yang baru dibentuk ini tidak boleh melebihi 255 (*overflow*) dan tidak boleh kurang dari 0 (*underflow*), seperti pada persamaan 2.4.

$$\begin{cases} |\tilde{d}| \leq 2x(255 - m), \text{ if } 128 \leq m \leq 255 \\ |\tilde{d}| \leq 2xm + 1, \text{ if } 0 \leq m \leq 127 \end{cases} \quad (2.4)$$

Kemudian pada tahun 2004 metode DE ini dikembangkan oleh Alattar (Alattar, 2004). Metode yang diusulkan oleh Alattar akan membuat sebuah titik base piksel berdasarkan rata-rata piksel yang akan diproses. Maka selisih piksel dari piksel-piksel yang bertetangga akan dihitung seperti DE. Proses penyisipan pada GDE terdapat dua jenis yaitu *expandable* dan *changeable*. *Expandable* dilakukan seperti DE sedangkan jika terjadi *overflow* dan *underflow* pada proses *expandable* maka penyisipan akan diproses melalui *changeable* dimana selisih awal dibagi dengan dua.

Pada metode DE memiliki kelemahan pada nilai perbedaan yang besar maka akan membuat perbedaan yang semakin besar ketika selesai dilakukan penyisipan hal ini dikarenakan pada persamaan 2.2 dilakukan pelipatgandaan perbedaan agar nilai perbedaan yang baru dapat dapat dikembalikan mejadi seperti nilai perbedaan awal seperti pada persamaan 2.3. Hal tersebut membuat nilai *pixel* yang dibentuk memiliki distorsi yang besar sehingga menurunkan kualitas dari *cover* media, selain itu dengan nilai perbedaan baru yang besar maka kemungkinan terjadi *overflow* dan *underflow* akan semakin meningkat.

Untuk mengatasi hal tersebut Lou (Lou, Hu dan Liu 2009), melakukan reduksi selisih pada metode DE. Permasalahan selisih yang dilipatgandakan pada proses penyisipan DE, dimana selisih yang direduksi adalah selisih yang bernilai lebih dari satu, selain itu nilai dari selisih tersebut akan tetap sama. Seperti pada persamaan 2.5. Kemudian proses penyisipan dilakukan seperti pada DE.

$$\widetilde{V}_N \begin{cases} V_N, \text{jika } V_N < 2 \\ V_N - 2^{\lfloor \log V_N \rfloor - 1}, \text{jika } V_N \geq 2 \end{cases} \quad (2.5)$$

Pada tahun 2014 Holil (Holil & Ahmad, 2014), mengusulkan integrasi dari metode GDE dan RDE. Pemilihan base piksel dari GDE yang sebelumnya diambil di salah satu titik piksel dirubah menjadi median dari blok *pixel* yang digunakan dalam penyisipan data. Kemudian dilakukan reduksi selisih jika nilai selisih lebih dari 2 dan kurang dari -2 seperti pada persamaan 2.6.

$$\begin{cases} V_N, \text{jika } -2 < V_N < 2 \\ V_N + 2^{\lfloor \log V_N \rfloor - 1}, \text{jika } -2 \leq V_N \\ V_N - 2^{\lfloor \log V_N \rfloor - 1}, \text{jika } V_N \geq 2 \end{cases} \quad (2.6)$$

Kemudian penyisipan dilakukan seperti pada GDE yaitu *expandable RDE*, *expandable non-RDE*, *changeable*, dan *unchangeable*. Penyisipan hanya dilakukan pada tiga kategori awal sedangkan kategori *unchangeable* tidak bisa dilakukan penyisipan.

### 2.3 Pewarnaan Graph

Pewarnaan titik / simpul adalah memberikan warna pada titik – titik pada graph sehingga setiap dua titik yang bertetangga (berhubungan langsung) mempunyai warna yang berbeda. Dua titik yang bertetangga adalah dua titik yang dihubungkan oleh sebuah sisi. Pewarnaan graph dapat dibagi menjadi tiga. Pewarnaan simpul (*vertex coloring*) adalah member warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian sehingga tidak ada dua simpul bertetangga mempunyai warna yang sama.

Pewarnaan sisi (*edge coloring*) adalah memberi warna berbeda pada sisi yang bertetangga sehingga tidak ada dua sisi yang bertetangga mempunyai warna yang sama. Pewarnaan bidang adalah memberi warna pada bidang sehingga tidak ada bidang yang bertetangga mempunyai warna yang sama. Pewarnaan bidang hanya bisa dilakukan dengan membuat graf tersebut menjadi graf planar terlebih dahulu (Kubale, 2004).

## 2.4 Pertukaran Kunci Diffie-Helman

Diffie-Hellman membentuk kunci rahasia bersama antara dua pihak yang dapat digunakan untuk komunikasi data rahasia melalui jaringan publik. Protokol ini memiliki dua parameter sistem  $p$  dan  $g$ . Keduanya bersifat publik dan dapat digunakan oleh semua pengguna dalam suatu sistem. Parameter  $p$  adalah bilangan prima dan parameter  $g$  (biasanya disebut generator) adalah bilangan bulat kurang dari  $p$  dan merupakan primitive root modul dari  $p$  (Diffie & Hellman, 1976).

- Misalkan pengguna A dan pengguna B akan saling mengirimkan pesan, maka mereka akan menentukan  $p=23$  dan  $g=5$
- Pengguna A memilih sebuah bilangan acak  $a=6$  yang akan dikirim ke B dalam bentuk  $A=g^a \bmod p = 5^6 \bmod 23 = 8$ .
- Pengguna B memilih sebuah bilangan acak  $b=15$  yang akan dikirim ke A dalam bentuk  $B=g^b \bmod p = 5^{15} \bmod 23 = 19$ .
- Pengguna A menerima B dari pengguna B untuk menghitung kunci rahasia bersama  $s=B^a \bmod p = 19^6 \bmod 23 = 2$ .
- Pengguna B menerima A dari pengguna A untuk menghitung kunci rahasia bersama  $s=A^b \bmod p = 8^{15} \bmod 23 = 2$ .
- Pengguna A dan pengguna B memiliki sebuah kunci bersama  $s=2$ .

## 2.5 Parameter Pengujian

### 2.4.1 Peak Signal to Noise Ratio

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra *cover* sebelum dan sesudah disisipkan pesan. Untuk menentukan PSNR, terlebih dahulu harus ditentukan nilai MSE (Mean Square Error). MSE adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra manipulasi

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (2.7)$$

$$MSE = \frac{1}{H \times W} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 \quad (2.8)$$



#### 2.4.2 Bit per Pixel

Bit per *pixel* (BPP) adalah kapasitas informasi yang dapat disisipkan pada satu *pixel*. Semakin tinggi angka BPP maka semakin besar kemampuan suatu media dalam menyimpan informasi.

#### 2.4.3 Structural Similarity (SSIM)

SSIM adalah metode untuk mengukur kesamaan antara dua gambar. Indeks SSIM dapat dilihat sebagai ukuran kualitas salah satu gambar yang dibandingkan dengan citra yang memiliki kualitas yang baik atau citra asal sebelum dilakukan pemrosesan. Pengukuran pada SSIM berdasarkan pencahayaan, kontras dan structural. Persamaan yang digunakan untuk menghitung indek SSIM dapat dilihat pada persamaan 2.9. Dimana  $\mu$  Merupakan rata rata,  $\sigma$  Adalah variance, dan  $C1$  dan  $C2$  meruapakan variable penstabil pembagian pada pembagi yang kecil seperti persamaan 2.10. Nilai  $k1=0,001$  dan  $k2= 0,003$  dan  $L$  adalah *dynamic range* dari nilai *pixel* (Wang Z. , Bovik, Sheikh, & Simoncelli, 2004).

(2.9)

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C1)(2\sigma_{xy} + C2)}{((\mu_x^2 + \mu_y^2 + C1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C2)}$$

(2.16)

$$c1 = (k_1L)^2, c2 = (k_2L)^2$$

(2.10)

#### 2.4.4 Universal Image Quality Index (UQI)

UQI secara matematis didefinisikan sebagai pemodelan distorsi gambar relatif terhadap citra referensi sebagai kombinasi dari tiga faktor: hilangnya korelasi, distorsi pencahayaan, dan distorsi kontras. Metode ini merupakan pendahulu dari metode SSIM yang telah dibahas sebelumnya. Persamaan 2.11 diunakan untuk menghitung index UQI (Wang dan Bovik. 2002).

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\mu_x\mu_y}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)((\mu_x^2 + \mu_y^2)}$$

(2.11)

#### 2.4.5 Chi-Square

*Chi-Square Attack* berdasarkan histogram analisis pada *Pair of Values* (PoVs) yang ditukar dengan pesan selama proses penyisipan. PoVs dapat dibentuk

oleh nilai-nilai *pixel*, koefisien DCT terkuantisasi, atau indeks palet pada LSB. Jika bit pesan yang didistribusikan secara merata, ada kemungkinan terjadi kedua nilai di setiap pasangan menjadi sama. Dengan kata lain, distribusi kejadian dari dua nilai dari masing-masing pasangan akan memiliki kecenderungan untuk menjadi sama setelah penyisipan.

Proses kerja *chi-square attack* adalah sebagai berikut:

1. Terdapat  $k$  kategori pada observasi dengan sampel acak. Tiap observasi harus dimasukkan pada sebuah kategori. Untuk citra 8 bit, kemungkinan nilai *pixel* terbesar adalah 256 sehingga umlah kategorinya adalah  $k=128$ .
2. Frekuensi yang diharapkan pada index ke  $i$ , dimana  $i=1,2,3,\dots,k$  setelah penyisipan dengan distribusi yang merata dapat dihitung dengan  $n_1$ =jumlah index  $c_2$  dan  $c_{2+1}$  dibagi 2.
3. Frekuensi aktual dari sampel dihitung dengan  $n_2$ =jumlah kemunculan index  $c_2$ .
4. Statistik chi-square dihitung dengan persamaan 2.12, dimana  $k-1$  merupakan derajat kebebasan

$$\chi_{k-1}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_1 - n_2)^2}{n_2}, \quad (2.12)$$

5. Probabilitas ( $p$ ) dari nilai statistik diatas dengan kondisi  $n_1$  dan  $n_2$  memiliki nilai yang sama, sesuai dengan persamaan 2.13

$$p = 1 - \frac{1}{2^{\frac{k-1}{2}} \Gamma\left(\frac{k-1}{2}\right)} \int_0^{\chi_{k-1}^2} e^{-\frac{x}{2}} x^{\frac{k-1}{2}-1} dx \quad (2.13)$$

6. Jika  $n_1$  dan  $n_2$  mempunyai nilai yang sama maka  $\chi_{k-1}^2$  akan mendekati nilai 0 dan probabilitasnya akan mendekati nilai 1 (Westfeld & Pfitzmann, 2000).

#### 2.4.6 Kullback–Leibler (K–L) divergence

*KL divergence* adalah fungsi jarak alami dari "True" atau distribusi probabilitas,  $p$ , untuk "Target" distribusi probabilitas,  $q$ .  $X$  dan  $Y$  merupakan media cover dan media stego dan  $P_x$  dan  $Q_y$  menunjukkan fungsi distribusi probabilitas  $X$

dan  $Y$ . Sehingga fungsi *KL divergence* dari kedua probabilitas sesuai dengan persamaan 2.14

$$D(P|Q) = \sum_{g \in G} P_x(g) \log \frac{P_x(g)}{Q_y(g)} \quad (2.14)$$

Dimana  $g \in G = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$ , merupakan nilai *pixel* pada media citra *greyscale*. Semakin kecil *KL divergence* semakin aman suatu penyembunyian data (Subhedar dan Mankar 2014) .

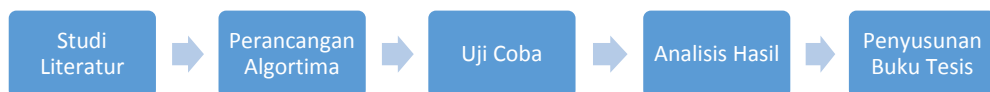
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan dalam penelitian tesis ini akan dilakukan beberapa langkah. Langkah-langkah tersebut dijelaskan pada Gambar 3.1. Langkah pertama adalah studi literatur untuk mempelajari permasalahan dan penelitian terkini. Kemudian perancangan algoritma yang diusulkan yaitu fungsi modulus sebagai reduksi selisih pada metode DE dan bentuk *location map* yang dibutuhkan. Dilanjutkan dengan uji coba metode yang diusulkan. Kemudian hasil dari uji coba tersebut dilakukan analisis. Dan diakhiri dengan penyusunan buku tesis.



Gambar 3 1 Diagram alir penelitian

#### 3.2 Studi Literatur

Dalam melakukan suatu penelitian, tahapan studi literatur dan analisa awal ini merupakan hal yang mutlak diperlukan. Hal ini berkaitan dengan suatu pemahaman detail baik dari sisi konsep/dasar teori yang dipakai maupun teknis dari tiap tahapan suatu penelitian. Pada tahap ini akan dipelajari tentang segala informasi dan sumber pustaka yang disesuaikan dengan konteks penelitian yang dilakukan. Terkait dengan penelitian ini dibutuhkan pemahaman terkait dengan metode-metode dan tahapan yang perlu dilalui dalam analisis teks.

Dalam tahapan studi literatur ini dilakukan eksplorasi pustaka paper, materi, dan informasi yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Adapun topik literatur yang perlu dipelajari pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Konsep dasar penyembunyian data
2. Metode penyembunyian data *Difference Expansion*

3. Metode penyembunyian data *Prediction Error Expansion*
4. Karakteristik fungsi modulus pada bilangan berbasis 3 dan 8
5. Bentuk *location map* penyembunyian data untuk menampung informasi untuk ekstraksi.

### 3.3 Perancangan Algoritma

Penggunaan algoritma DE pada proses penyembunyian data pada steganografi saat ini hanya menggunakan teknik sederhana yang memungkinkan nilai piksel dari citra *cover* memiliki rentang selisih yang jauh dengan nilai piksel dari citra *cover* yang sebenarnya. Hal ini dapat menyebabkan sebuah citra *cover* yang telah disisipi data menggunakan algoritma DE dalam teknik steganografi mudah dikenali dengan mata telanjang. Meskipun pada kenyataannya sangat jarang sebuah citra *cover* dapat dikenali sebagai citra steganografi dengan mata telanjang, namun hal tersebut akan lebih mudah dihindari jika menggunakan sebuah algoritma yang dapat memangkas rentang selisih antar dua piksel yang telah diberi bobot pesan rahasia tersebut.

Pada algoritma DE, terjadi selisih yang besar karena bit pada beban data ditambahkan pada selisih sepasang piksel. Misalnya dengan sepasang piksel yang memiliki selisih 5(10) akan menghasilkan nilai biner 101(2). Jika beban data yang harus dimasukkan pada piksel tersebut bernilai 1, maka selisih kedua piksel akan menjadi 1011(2) atau 11(10).

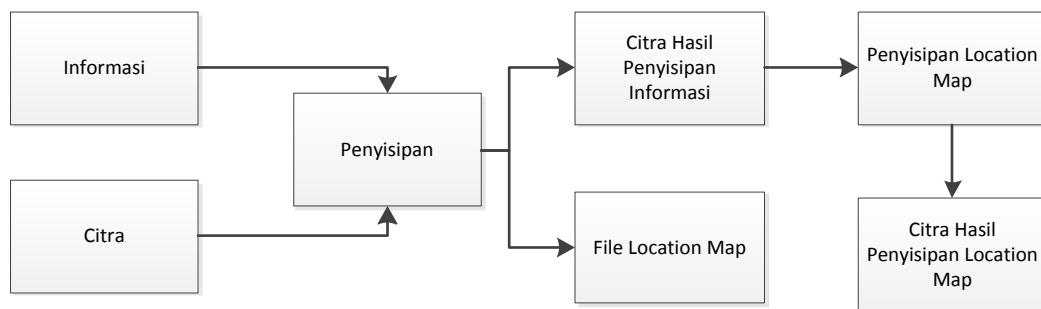
Dalam metode yang diajukan, penggunaan DE yang diintegrasikan dengan penggunaan fungsi modulus dapat mengurangi lonjakan selisih yang cukup besar tersebut. Hal ini dikarenakan tidak langsung membebaskan data rahasia yang harus disimpan pada selisih antara sepasang piksel yang bersebelahan.

#### 3.3.1 Proses Penyisipan

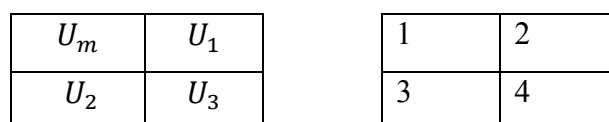
Penyisipan pesan dilakukan dengan perbandingan hasil modulo 3 dari perbedaan nilai *pixel* dengan titik referensi dan pesan rahasia yang sudah dirubah dalam bilangan basis 3. Pemilihan modulo 3 didasarkan pada kecilnya perubahan pada nilai *pixel* hasil penyisipan. Selisih perbedaan dari nilai *pixel* asal dan hasil penyisipan memiliki nilai  $\pm 0, 1, \text{ dan } 2$ , sehingga kualitas citra hasil penyisipan akan

meningkat. Serta dengan penggunaan bilangan basis 3 pada pesan rahasia akan menaikkan kapasitas penyimpanan pada sebuah citra, hal ini dikarenakan bilangan bilangan 2 yang sebelumnya pada bilangan biner perlu disisipkan pada 2 pasang citra karena terdiri dari 2 bit, pada metode yang diusulkan cukup disisipkan pada sebuah pasang *pixel*. Proses penyisipan pesan pada *cover* media dilakukan seperti pada gambar 3.2.

1. Pada informasi rahasia yang akan disimpan pada piksel citra *cover*, informasi rahasia dirubah menjadi bilangan basis tiga ( $m_{(3)}$ ).
2. Mengacak posisi titik referensi ( $U_m$ ) pada blok *pixel* dan menuliskan posisi  $U_m$  pada berkas *location map*. Pada Gambar 3.3 contoh titik referensi terletak pada posisi 1.



Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Penyisipan



Gambar 3.3. Contoh blok *pixel* 2x2 dan posisi  $U_m$  pada blok 2x2

3. Mencari nilai perbedaan *pixel* ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) dari nilai *pixel* dalam sebuah blok ( $U_1, U_2, \dots, U_n$ ) dengan titik referensi ( $U_m$ ) seperti pada persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3.

$$V_1 = U_1 - U_m \tag{3.1}$$

$$V_2 = U_2 - U_m \tag{3.2}$$

$$V_n = U_n - U_m \tag{3.3}$$

4. Nilai informasi rahasia yang sudah berupa bilangan 3 dibandingkan dengan selisih kedua piksel ( $Vn$ ) yang telah dimodulus 3 dengan data rahasia dalam bentuk bilangan basis 3 ( $m_{(3)}$ ). Kemudian dilakukan ekspansi nilai selisih sesuai dengan persamaan 3.4 sehingga didapatkan nilai perbedaan yang baru ( $\widetilde{Vn}$ )

$$\widetilde{Vn} \begin{cases} Vn, & \text{jika } Vn \bmod 3 = m_{(3)} \\ Vn + 1, & \text{jika } Vn \bmod 3 = m_{(3)} + 1 \\ Vn - 1, & \text{jika } Vn \bmod 3 = m_{(3)} + 2 \text{ dan } d > 0 \\ Vn + 2, & \text{jika } Vn \bmod 3 = m_{(3)} + 2 \text{ dan } d = 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

5. Langkah terakhir dalam penyisipan data adalah proses penyusunan kembali nilai *pixel cover* media ( $\widetilde{Un}$ ), dengan menambahkan nilai titik referensi ( $Um$ ) dengan nilai perbedaan yang baru ( $\widetilde{Vn}$ ), seperti pada persamaan 3.5.

$$\widetilde{Un} = Um + \widetilde{Vn} \quad (3.5)$$

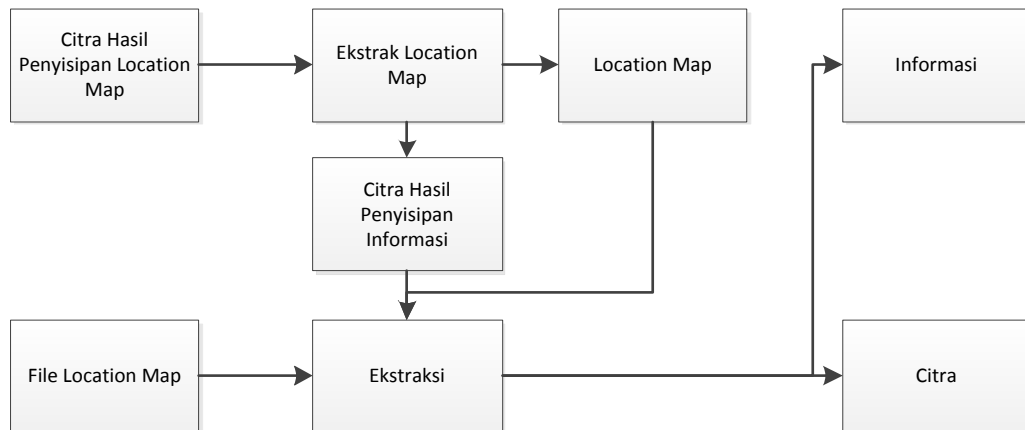
6. Untuk menanggulangi *overflow* dan *underflow* terhadap nilai *pixel* baru yang dibentuk maka perlu dilakukan pembatas nilai *pixel* yang dilakukan penyisipan, sehingga *pixel* yang digunakan sesuai dengan persamaan 3.6. Nilai *pixel* yang tidak digunakan adalah *pixel* dengan nilai 0, 1, 254, dan 255. Hal ini dikarenakan perubahan maksimal yang dilakukan adalah  $\pm 2$  sehingga *pixel* tersebut dapat mengakibatkan *overflow* dan *underflow*.

$$1 < Un < 254 \quad (3.6)$$

### 3.3.2 Proses Ekstraksi

Pada proses ini *cover* media yang telah disisipi akan diambil informasi rahasia yang telah disisipkan sebelumnya. Proses ekstraksi tidak akan mengambil informasi pada nilai *pixel* 0 dan 255 karena tidak dilakukan penyisipan. Alur proses dari tahap dapat dilihat pada Gambar 3.4





Gambar 3.4. Diagram Alir Proses Ekstraksi

Mencari nilai perbedaan *pixel*  $(V_1, V_2, \dots, V_n)$  dari nilai *pixel* dalam sebuah blok  $(U_1, U_2, \dots, U_n)$  dengan titik referensi  $(U_m)$  seperti pada persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9

$$d_1 = U_1 - U_m \quad (3.7)$$

$$d_2 = U_2 - U_m \quad (3.8)$$

$$d_n = U_n - U_m \quad (3.9)$$

Kemudian untuk mendapatkan pesan rahasia dengan melakukan modulus 3 terhadap pesan tersebut dan dilakukan perubahan angka dari basis 3 ke basis 10, pada persamaan 3.10

$$m_{(3)} = d_n \text{ mod } 3, m_{(3)} \text{ dirubah ke } m_{(10)} \quad (3.10)$$

### 3.3.3 Proses Pengembalian Cover Media

Pada proses ini *cover* media yang sebelumnya telah disisipi pesan akan dikembalikan nilai nilai *pixel*nya sesuai dengan *cover* media sebelum dilakukan penyisipan. Pada proses ini diawali dengan membaca informasi pengembalian dari *location map* (LM), kemudian proses pengembalian nilai *pixel*nya sesuai dengan persamaan 3.11

$$U_m + \begin{cases} 2x \left\lfloor \frac{\widetilde{V}_n}{2} \right\rfloor, & \text{jika nilai } LM = 10 \text{ dan ganjil} \\ 2x \left\lfloor \frac{\widetilde{V}_n - 2}{2} \right\rfloor + 1, & \text{jika nilai } LM = 10 \text{ dan genap} \\ 2x \left\lfloor \frac{\widetilde{V}_n + 2}{2} \right\rfloor, & \text{jika nilai } LM = 01 \text{ dan ganjil} \\ 2x \left\lfloor \frac{\widetilde{V}_n}{2} \right\rfloor + 1, & \text{jika nilai } LM = 01 \text{ dan genap} \\ V - 2, & \text{jika } LM = 11 \end{cases} \quad (3.11)$$

### 3.3.4 Location Map (LM)

*Location map* dibutuhkan untuk menyimpan informasi bentuk penyisipan yang dilakukan sebagai informasi untuk melakukan pengembalian pada citra *cover media*. Pada metode yang diusulkan *location map* akan memiliki bentuk yaitu, region positif, region negatif dan region tak dirubah, seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Model *Location map*

REGION	Bagian 1	Bagian 2
Region positif	1	0
Region negatif	0	1
Region tak dirubah	0	0
Region d=0	1	1

Pada *location map* bagian 1 akan dimasukkan dalam sebuah file, sebelumnya nilai dari *location map* dirubah terlebih dahulu ke bilangan desimal. Kemudian pada *location map* bagian kedua dilakukan penyisipan kembali ke *cover media* yang telah dilakukan penyisipan.

Penyisipan dengan fungsi modulus dilakukan dengan membandingkan hasil modulo 8 dari titik referensi dengan keseluruhan *location map* pada blok tersebut. Pengubahan nilai titik referensi akan disimpan pada file *location map* berdampingan dengan *location map* bagian pertama. Modulo 8 dipilih karena nilai

pada *location map* bagian kedua akan bervariasi dari 0 sampai dengan 7, sehingga dengan digunakan modulo 8 pada titik referensi dapat mewakili nilai dari *location map* dan tidak terjadi perubahan yang besar.

$$U_m \bmod 8 + n = LM_2 \quad (3.12)$$

$$\widetilde{U}_m = U_m + n \quad (3.13)$$

Pada blok *pixel* lebih dari 2x2 maka tetap dilakukan dengan modulus 8 akan tetapi *location map* bagian kedua ini akan dibagi dengan angka maksimal tiap bagian adalah 7. Kemudian akan dilakukan proses sesuai dengan persamaan 3.12 dan 3.13 akan tetapi tidak selalu ditambahkan akan tetapi juga melalui proses pengurangan secara bergantian.

Bentuk *location map* yang disimpan pada berkas memiliki bentuk seperti pada Gambar 3.5.

Posisi $U_m$ , $lm_1$ , penambahan $lm_2$ ( $n$ ), operasi;
---

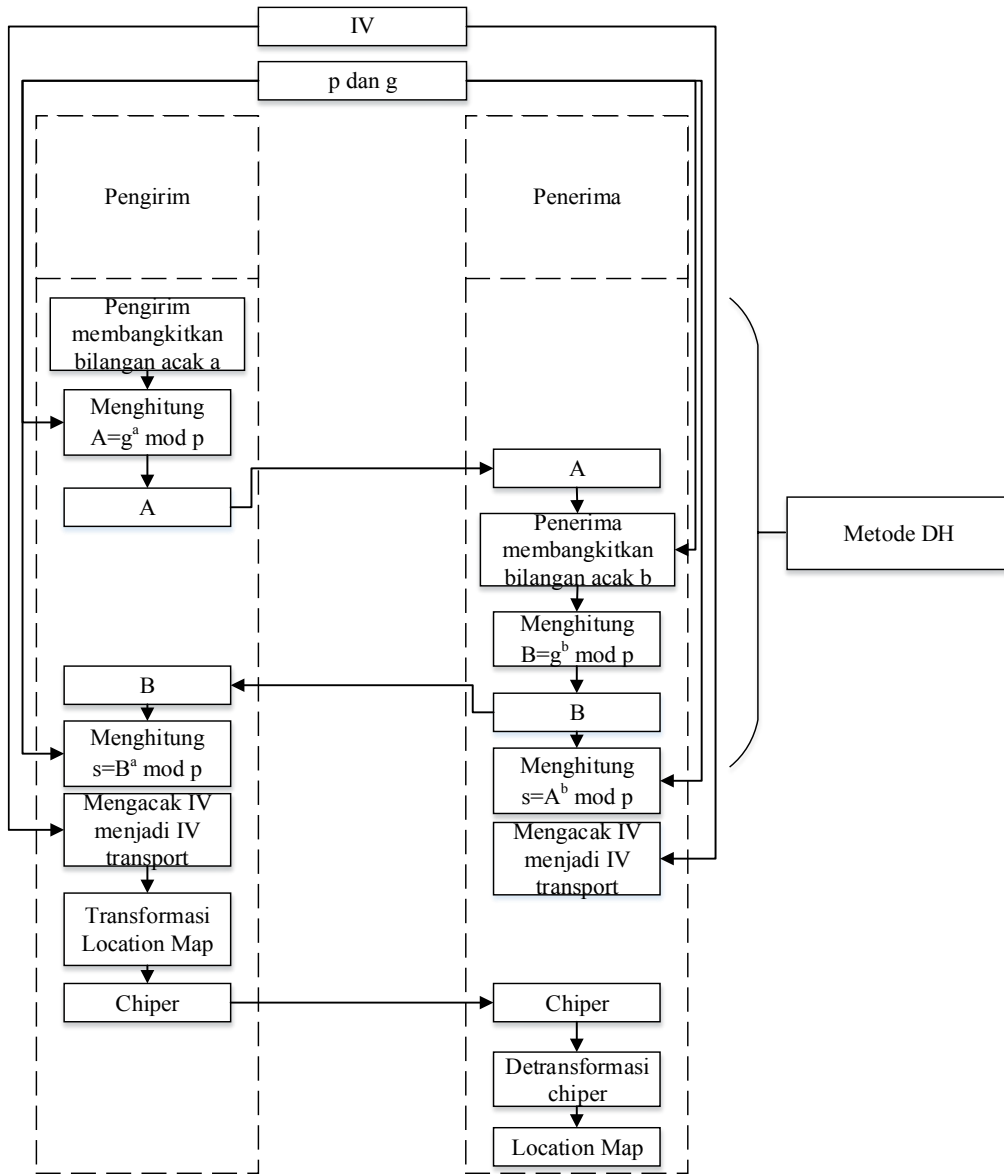
Gambar 3.5. Bentuk penulisan berkas *location map*

Semisal 1,7,2,1;2,6,1,0#1,2,1,1,  $lm_1$  berisi angka bulat dari 0 sampai 7, penambahan  $lm_2$  berisi angka bulat yang digunakan sebagai penambah atau pengurang pada titik referensi, sedangkan operasi merupakan operasi penambahan atau pengurangan dari penambahan  $lm_2$ . Tiap blok akan dipisahkan dengan tanda koma dan tiap warna akan dipisahkan oleh tanda pagar.

### 3.3.5 Pengamanan Berkas *Location map*

Pengamanan berkas *location map* dengan menggunakan metode pewarnaan graph yang diusulkan oleh Pambudi dan Ahmad, 2015. Dilakukan inisialisasi vector (IV) dimana IV ini merupakan kumpulan huruf dan angka sehingga mempunyai panjang karakter 36. Langkah berikutnya adalah menggunakan metode DH dengan melakukan negosiasi bilangan prima yang digunakan ( $p$ ) dan *primitive root modulo* dari bilangan prima tersebut ( $g$ ). Kemudian pengirim dan penerima

saling membangkitkan bilangan bulat yang digunakan untuk dikirim ke satu sama lain. Langkah langkah dalam mengamankan pengiriman *location map* dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.6. Diagram alir proses pengamanan *location map*

Berbeda dengan yang diusulkan oleh Pambudi dan Ahmad (Pambudi & Ahmad, 2015), pada protocol yang diusulkan tidak dilakukan pengacakan IV menjadi IV client akan tetapi dilakukan pengacakan 2 kali terhadap IV menjadi IV' dan IV transport. IV' dibentuk dengan mengacak IV dengan bilangan B atau bilangan yang dikirim oleh penerima ke pengirim ketika proses pertukaran kunci

DH. Sedangkan IV transport merupakan IV' yang telah diacak dengan bilangan kunci s. Metode pengacakan sesuai dengan algoritma berikut pada Gambar 3.7.

```

IV=26 huruf+10 angka
I=s mod length(IV)
count=1
a=0
while count <=length(IV)
    if IV[i] telah ada pada IV'
        i=(i+1) mod length(IV)
    IV'[count]=IV[i]
    i=(i+a+s) mod length(IV)
    a++
    count++

```

Gambar 3.7. Pseudocode pengacakan IV

Misalkan IV {1,2,3,4} dan s=2

count = 1, IV' = {2}

count = 2, IV' = {2, 3}

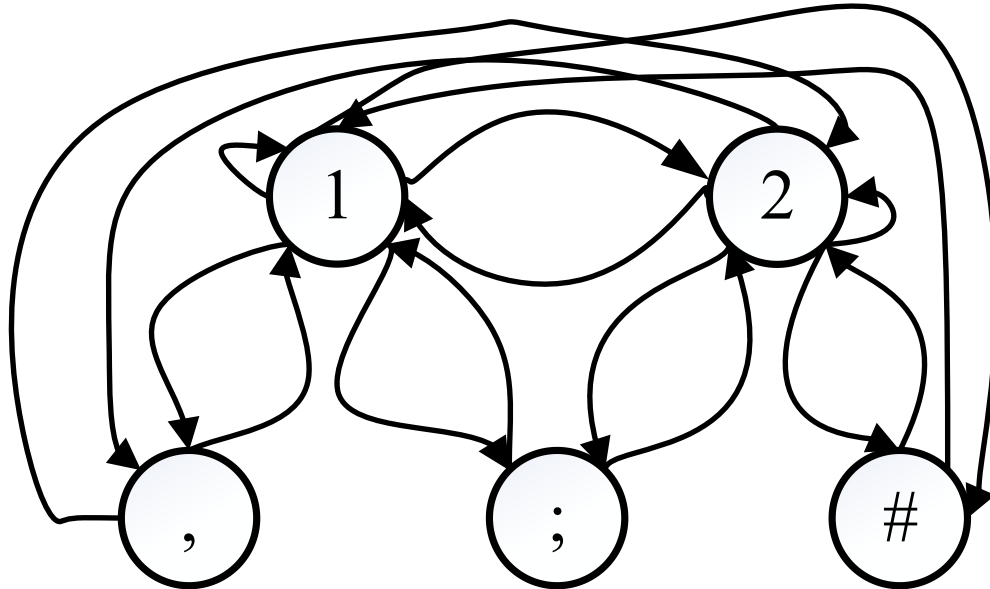
count = 3, IV' = {2,3,4}

count = 4, IV' = {2,3,4,1}

Dengan metode yang diusulkan maka penerima tidak perlu lagi melakukan detranformasi terhadap kunci yang digunakan untuk mengirim *location map*. Penerima hanya perlu melakukan pengacakan IV menjadi IV' dan IV transport sesuai dengan yang dilakukan oleh pengirim.

Setelah didapat IV transport kemudian dibuat sebuah graph yang berisi angka 0 sampai dengan 9 dan tanda baca koma, titik koma, dan tanda pagar. Seluruh simpul saling terhubung dan memiliki arah, simpul angka mempunyai *loop* agar memungkinkan perulangan pada angka seperti 11, 22, 33, .. dst. Pada simpul koma, titik koma, dan pagar tidak keterhubungan setiap tanda baca hanya memiliki

hubungan dengan simpul angka. Contoh graph dengan dua simpul angka seperti pada Gambar 3.8.

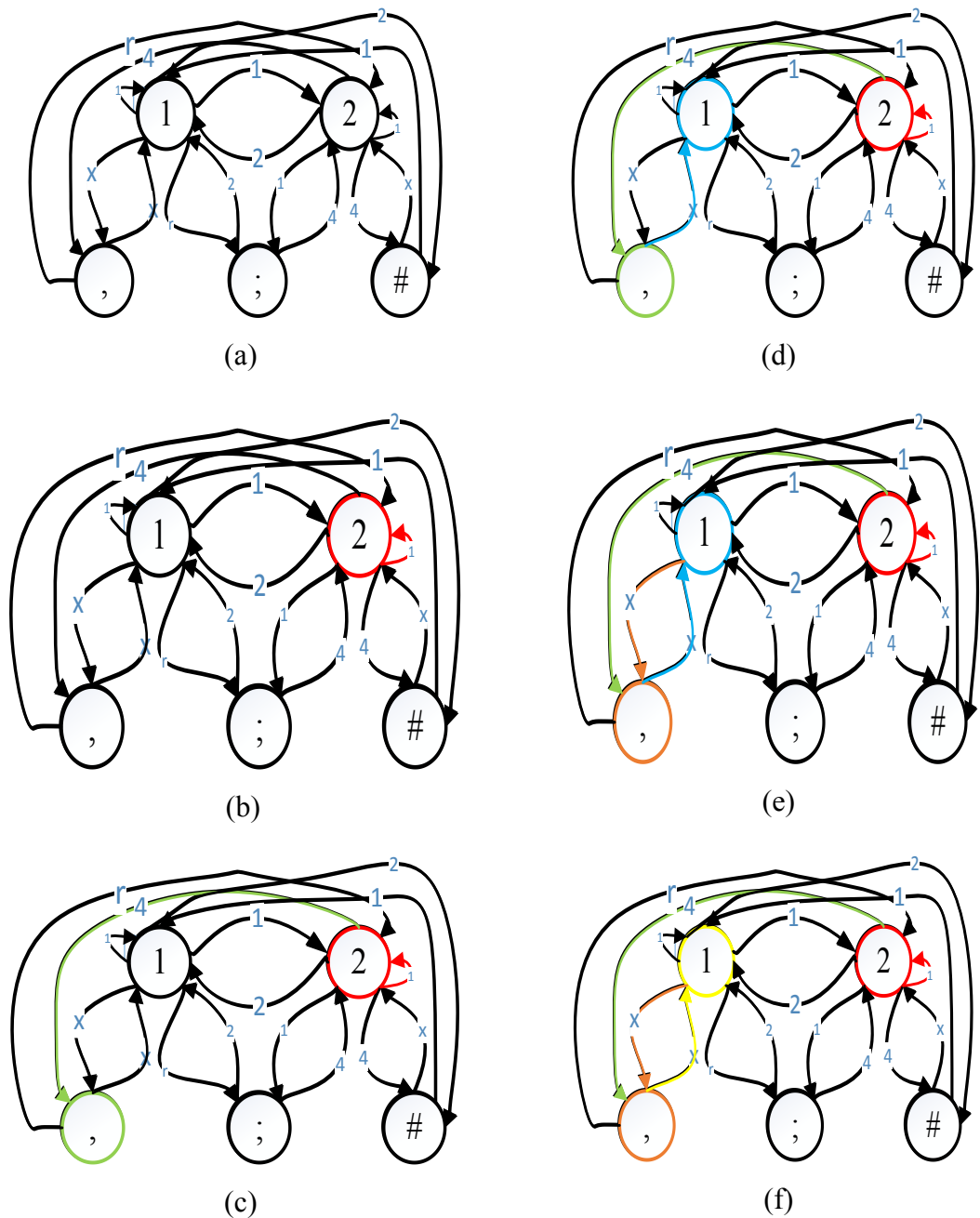


Gambar 3.8. Contoh graph dengan dua simpul angka

Kemudian dilakukan pewarnaan sisi graph dengan IV transport. Pewarnaan dilakukan dengan memberikan jarak sesuai dengan bilangan kunci  $s$ . Hal ini dilakukan sesuai dengan metode pewarnaan sisi pada graph dimana sisi yang bertetangga tidak boleh diberikan warna yang sama. Pewarnaan dilakukan sampai seluruh sisi telah diberi warna. Jika IV transport belum digunakan semua dan muncul warna yang berulang maka IV berikutnya yang belum digunakan yang digunakan. Ketika IV sudah digunakan semua dan masih terdapat sisi yang belum diwarnai maka set seluruh IV transport menjadi tidak digunakan dan kemudian diulangi pengambilan IV transport sampai seluruh sisi terwarnai.

Transformasi pada *location map* dimulai dengan hasil bilangan kunci di modulo oleh jumlah simpul angka dan digunakan sebagai simpul awal. Kemudian ambil 1 karakter dari *location map* sebagai simpul tujuan dan mulai bergerak ke simpul sesuai dengan karakter pada *location map*, catat warna sisi graph sebagai hasil transformasi. Ganti simpul awal dengan hasil simpul tujuan pada proses sebelumnya, kemudian proses ini diulangi sampai seluruh *location map*

tertransformasi. Contoh transformasi pada pengirim IV transport  $\{1,x,r,2,4\}$ , data yang ditranfomasi  $\{2,1,1\}$  dan bilangan kunci  $s=2$ . Graf telah dibuat sesuai dengan Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Proses transformasi dengan menelusuri graph

- Kunci bilangan  $s=2$ , simpul awal =  $2 \bmod (10)$ , simpul awal 2, Tranfromasi dimulai dengan Gambar 3.9a
- Bergerak ke simpul sesuai data yang ditranfromasi, data pertama adalah 2 sesuai dengan Gambar 3.9b, sehingga hasil tranfromasi sementara adalah 1
- Kemudian 2 dijadikan simpul awal dan bergerak ke data berikutnya yaitu koma seperti pada Gambar 3.9c sehingga hasil tranfromasi sementara = 14
- Kemudian dari koma menuju 1 sesuai dengan Gambar 3.9d sehingga data tranfromasi sementara menjadi 14x
- Simpul 1 dijadikan simpul awal dan menuju simpul tujuan koma seperti pada Gambar 3.9e dan membuat hasil tranfromasi sementara 14xx
- Data terakhir dari simpul awal koma bergerak ke simpul tujuan 1 seperti pada Gambar 3.9f dan membuat hasil tranfromasi 14xxx

Proses detranfromasi dilakukan dengan merubah simpul tujuan dengan nilai sisi yang sesuai dengan data yang akan didetranfromasi. Langkah pertama sama dengan pada proses tranfromasi yaitu menentukan simpul awal melalui hasil modulo bilangan kunci oleh jumlah simpul angka. Kemudian bergerak dari simpul angka sesuai dengan data yang didetranfromasi dan warna pada sisi graph. Kemudian simpul tujuan dari proses sebelumnya dijadikan simpul awal, dan proses sebelumnya diulangi sampai seluruh data didetranfromasi.

Contoh proses detranfromasi sesuai dengan data tranfromasi sebelumnya  $s=2$ , data yang didetranfromasi {14xxx}

- Langkah pertama menentukan simpul awal dengan  $2 \bmod 10$ , sehingga simpul awal 2.
- Berikutnya dicocokkan data pertama dengan sisi graph, karena data 1 maka bergerak ke simpul 2 dan data hasil detranfromasi sementara adalah "2".
- Berikutnya data yang dicocokkan adalah 4 sehingga bergerak kepada simpul koma dan data hasil detranfromasi sementara adalah "2"
- Kemudian data yang dicocokkan adalah x sehingga bergerak ke simpul 1 dan data hasil detranfromasi menjadi "2,1".



- Dari simpul 1 data bergerak sesuai warna sisi dan data tranfromasi yaitu x sehingga bergerak ke simpul “,” dan merubah data hasil detranfromasi sementara menjadi “2,1,”.
- Terakhir data memiliki nilai x sesuai dengan warna pada simpul koma, simpul tujuannya adalah simpul 1 dan data hasil detranfromasi akhirnya adalah “2,1,1”.

### 3.4 Implementasi Penelitian

Lingkungan implementasi dilakukan pada Matlab versi 2009a dengan spesifikasi komputer Prosesor AMD A8 4500 dan RAM 4GB. Informasi yang akan disisipkan adalah teks untuk pengisi standar untuk penerbitan (“lorem ipsum”). Media yang digunakan berupa citra testing standar berwarna RGB dan *greyscale*. Citra tersebut adalah Lena, Baboon, Plane (F16), Boat, dan Peppers. Untuk citra medis digunakan citra Abdominal, Chest, hand, head, dan leg.

### 3.5 Perancangan Uji Coba dan Analisis Hasil

Pada bagian uji coba dijelaskan mengenai skenario uji coba yang akan dilakukan pada penelitian ini. Skenario uji coba yang akan dilakukan untuk menguji metode DE dengan reduksi selisih fungsi modulus terdiri atas dua macam.

Seluruh *cover* media disisipi dengan 50 ribu bit pesan. Kemudian secara bertahap ditambah 50 ribu bit lagi sampai tercapai kapasitas maksimum dari *cover* media. Kemudian dilakukan pengukuran kualitas dengan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), *Structural Similarity* (SSIM), dan *Universal Image Quality Index* (UQI) dengan membandingkan citra hasil penyisipan dan citra sebelum dilakukan penyisipan pada tiap tahap penyisipan. Sedangkan pengukuran keamanan dengan *Kullback-Leibler* (KL) *divergence* dan dilakukan serangan berdasarkan chi-square pada tiap tahap penyisipan.

Pada bagian analisa hasil akan dibandingkan hasil parameter kualitas berupa kapasitas, PSNR, SSIM, dan UQI yang didapatkan dari metode yang diusulkan dengan penelitian sebelumnya. Apakah dari parameter kualitas tersebut meningkat atau tidak jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Apabila yang dihasilkan meningkat maka sistem yang disusun berhasil. Selain itu juga

dibandingkan angka *KL divergence* dan chi-square serta perbandingan dari *chi-square* dari citra yang dihasilkan.

### 3.6 Penyusunan Buku Tesis

Pada tahap ini melakukan pendokumentasian dan laporan dari seluruh konsep, dasar teori, implementasi, proses yang telah dilakukan, dan hasil-hasil yang telah didapatkan selama pengerjaan tesis. Buku Tesis yang akan disusun bertujuan untuk memberikan gambaran dari pengerjaan tesis dan diharapkan dapat berguna untuk pembaca yang tertarik untuk melakukan pengembangan lebih lanjut.

### 3.7 Jadwal Penelitian

Pada bagian ini akan diperlihatkan jadwal kegiatan selama penelitian tesis ini, jadwal disajikan selama 3 bulan, dimulai bulan Januari tahun 2016 sampai dengan maret tahun 2016. Adapun penjelasan rinci mengenai jadwal kegiatan terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Aktivitas	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3			
Studi Literatur	■	■										
Perancangan Algoritma		■	■	■								
Implementasi Algoritma			■	■	■	■						
Uji Coba						■	■	■	■			
Analisis Hasil									■	■	■	
Penyusunan Buku Tesis			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai hasil uji coba penelitian yang telah dilakukan terkait dengan penyembunyian data *difference expansion* dengan fungsi modulo.

#### 4.1 Spesifikasi Sistem

Metode dalam penelitian ini diaplikasikan dengan didukung oleh perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Nama	Spesifikasi
<i>Pocessor</i>	AMD A8 4500M @1.90 GHz
Memori (RAM)	4.00 GB
Sistem Operasi	Microsoft Windows 10 Pro 64-bit
Software	Matlab 2009a

#### 4.2 Implementasi Metode

Penelitian ini dibangun dengan menggunakan lima fase yang harus dilalui yaitu *embedding* data pada media, ekstraksi data pada media hasil, penanganan *location map*, proses pengembalian *cover* media setelah melewati proses ekstraksi, dan terakhir adalah proses pengamanan *location map*.

##### 4.2.1 Implementasi *Embedding Data*

Proses yang dilakukan pada fase *embedding* data dimulai dengan pembacaan berkas gambar dan berkas teks yang akan dilakukan penyisipan. Kemudian berkas teks tersebut akan dirubah setiap karakternya menjadi bilangan berbasis tiga sehingga akan memiliki bilangan 0, 1, dan 2. Setelah proses pengubahan selesai dilanjutkan dengan proses *embedding* tiap blok pada citra. Proses yang dilakukan tiap blok pada citra dimulai dengan proses pemilihan titik referensi yang digunakan dengan me-random dari anggota blok tersebut.

Setelah titik referensi didapatkan dilanjutkan dengan mencari selisih antara nilai *pixel* anggota blok dengan titik referensinya. Kemudian proses embed dilanjutkan dengan membandingkan nilai hasil modulo tiga dari selisih *pixel* dengan pesan yang akan disisipkan. Nilai *pixel* yang baru hasil penyisipan disusun sesuai persamaan 3.4. Proses ini dilanjutkan sampai dengan pesan habis seluruhnya tersisipkan atau sampai dengan seluruh nilai *pixel* digunakan. Untuk proses *embedding data* dilakukan dengan *pseudocode* seperti pada Gambar 4.1

1	d0= core1-coreref
2	if ref!=0 && mescnt<=size(secret) then
3	if d0 mod 3 == secret + 1 then
4	d0=d0+1
5	if d0 mod 3 == secret + 2 && d0>0 then
6	d0=d0-1
7	if d0 mod 3 == secret + 2 && d0==0then
8	d0=d0+2
9	core1=coreref+d0
10	mescnt= mescnt+1

Gambar 4.1. Potongan *Pseudocode* Proses Penyisipan

#### 4.2.2 Implementasi Ekstraksi Data

Pengembalian data yang disisipkan dilakukan melalui proses pembacaan berkas media penyisipan dan berkas *location map* hasil penyisipan. Kemudian proses tersebut dilanjutkan dengan mencari nilai referensi yang digunakan untuk memperoleh titik referensi. Setelah titik referensi diperoleh dan dilakukan penengembalian titik *recovery* dilanjutkan dengan mencari selisih antara nilai *pixel* anggota blok dan titik referensi. Pesan kemudian didapatkan dengan melakukan modulo tiga pada selisih tersebut. Proses ekstraksi data dilakukan dengan *pseudocode* seperti pada Gambar 4.2

1	d0= core1-coreref2
2	if ref!=0 then
3	meshasil(mescount)=d0 mod 3;
4	mescount=mescount+1;

Gambar 4.2. Potongan *Pseudocode* Ekstraksi Data

#### 4.2.3 Implementasi Penanganan *Location map*

Penangan *Location map* yang dibutuhkan pada proses ekstraksi dan *recovery* pada metode yang disusulkan dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama akan dituliskan pada sebuah berkas sedangkan bagian kedua akan disisipkan pada titik referensi. Proses penyisipan dan penulisan berkas *location map* dilakukan dengan *pseudocode* seperti pada Gambar 4.3.

```

1  lm1=bin2dec(lm11)
2  lm22=bin2dec(lm21)
3  modlm=coreref mod 8
4  dlm= modlm-lm2
5
6  if modlm<=lm2 then
7      coreref2=coreref+dlm
8      oplm=1
9  elseif modlm>lm2 then
10     coreref2=coreref-dlm
11     oplm=0
12  if ref==0 then
13     imhasil(countx,county)=coreref2;
14  elseif ref==1 then
15     imhasil(countx,county+1)=coreref2;
16  elseif ref==2 then
17     imhasil(countx+1,county+1)=coreref2;
18  elseif ref==3 then
19     imhasil(countx+1,county)=coreref2;
20  write_to_file(dlm,oplm)
21

```

Gambar 4.3. Potongan *Pseudocode* Penyisipan dan Penulisan *Location map*

#### 4.2.4 Implementasi Pengembalian *Cover Media*

Fase pengembalian *cover media* dilakukan setelah proses ekstraksi data dilakukan. Pada proses ini diawali dengan membaca informasi pengembalian dari *location map* (LM), kemudian proses pengembalian nilai *pixel* pada titik referensi kemudian pengembalian nilai *pixel* pada anggota blok. Proses pengembalian *cover media* dilakukan dengan *pseudocode* seperti pada Gambar 4.4.

```

1  lf ref==0
2      coreref=core1;
3      lm2rel=mod(coreref,8);
4      if oplm2==1
5          coreref2=coreref-lm2;
6      elseif oplm2==0
7          coreref2=coreref+lm2;
8      end;
9      imhasil(countx,county)=coreref2;
10     core1=coreref2;
11  if lmreal(1,iterasilm)==0 && lmreal(2,iterasilm)==0
12     imhasil(countx,county)=core1;
13  elseif lmreal(1,iterasilm)==0 && lmreal(2,iterasilm)==1
14     imhasil(countx,county)=core1+1;
15  elseif lmreal(1,iterasilm)==1 && lmreal(2,iterasilm)==0
16     imhasil(countx,county)=core1-1;
17  elseif lmreal(1,iterasilm)==1 && lmreal(2,iterasilm)==1 &&
18     core1 < coreref2
19     imhasil(countx,county)=core1+2;
20  elseif lmreal(1,iterasilm)==1 && lmreal(2,iterasilm)==1 &&
21     core1 >= coreref2
22     imhasil(countx,county)=core1-2;

```

Gambar 4.4. *Pseudocode* Proses Pengembalian *Cover Media*

#### 4.2.5 Implementasi Pengamanan *Location map*

Pengamanan *Location map* dilakukan ketika media hasil penyembunyian data akan didistribusikan. Proses pengamanan ini diawali dengan pertukaran kunci publik antar penerima dan pengiriman. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengacakan IV menjadi IV'. IV' digunakan untuk mewarnai graph yang digunakan untuk transformasi pada karakter karakter penyusun *Location map*. Proses pengamanan ini dibagi menjadi dua yaitu transformasi dan detransformasi. Proses transformasi *location map* dilakukan dengan *pseudocode* seperti pada Gambar 4.5 sedangkan proses detransformasi dilakukan seperti pada Gambar 4.6.

```
1  G=['1' '2' '3' '4' '5' '6' '7' '8' '9' '10' ',' ';' '#'];
2  listchar=['A' 'B' 'C' 'D' 'E' 'F' 'G' 'H' 'I' 'J' 'K' 'L'
3  'M' 'N' 'O' 'P' 'Q' 'R' 'S' 'T' 'U' 'V' 'W' 'X' 'Y' 'Z'
4  '0' '1' '2' '3' '4' '5' '6' '7' '8' '9'];
5  ukuranG=size(G);
6  iter1=1;
7  iter2=1;
8  IV1=acak(listchar,B);
9  IV2=acak(IV1,s);
10 iterchar=1;
11 maxchar=ukuranchar(2);
12 while iter1<=13
13     while iter2<=13
14         grp(iter1,iter2)=char(IV2(iterchar));
15         iterchar=iterchar+1;
16     end;
17     iter2=iter2+1;
18 end;
19 iter2=1;
20 iter1=iter1+1;
21 end;
22 fid = fopen(locationmap)
23 iterlm=1;
24 maxukuranlm= size(fid);
25 awal=s;
26 while iterlm<=maxukuranlm
27     if x(1,iterlm)==' '
28         akhir= 11;
29     elseif x(1,iterlm)==';'
30         akhir= 12;
31     elseif x(1,iterlm)=='#'
32         akhir= 13;
33     elseif x(1,iterlm)=='0'
34         akhir= 10;
35     else
36         akhir=str2double(x(1,iterlm));
37     end;
38     hasil(iterlm)=grp(awal,akhir);
39     awal=akhir;
40     iterlm=iterlm+1;
```

Gambar 4.5. Potongan *Pseudocode* Fungsi Transformasi *Location map*

```

1 G=['1' '2' '3' '4' '5' '6' '7' '8' '9' '10' ',' ';' '#''];
2 listchar=['A' 'B' 'C' 'D' 'E' 'F' 'G' 'H' 'I' 'J' 'K' 'L'
3 'M' 'N' 'O' 'P' 'Q' 'R' 'S' 'T' 'U' 'V' 'W' 'X' 'Y' 'Z'
4 '0' '1' '2' '3' '4' '5' '6' '7' '8' '9'];
5 ukuranG=size(G);
6 iter1=1;
7 iter2=1;
8 IV1=acak(listchar,B);
9 IV2=acak(IV1,s);
10 iterchar=1;
11 maxchar=ukuranchar(2);
12
13 while iter1<=13
14     while iter2<=13
15         grp(iter1,iter2)=char(IV2(iterchar));
16         iterchar=iterchar+1;
17         end;
18         iter2=iter2+1;
19     end;
20     iter2=1;
21     iter1=iter1+1;
22 end;
23 fid = fopen(locationmap)
24 ukuranlm=size(fid);
25 iterlm=1;
26 maxukuranlm=ukuranlm;
27 awal=s;
28 while iterlm<=maxukuranlm
29     akhir=x(1,iterlm);
30     [row,col,v]=find(grp==x(1,iterlm));
31     poscol=find(row==awal);
32     if col(poscol)==11
33         hastemp=',';
34     elseif col(poscol)==12
35         hastemp='(';
36     elseif col(poscol)==13
37         hastemp='#';
38     elseif col(poscol)==10
39         hastemp='0';
40     else
41         hastemp=num2str(col(poscol));
42     end;
43     hasil(iterlm)=hastemp;
44     awal=col(poscol);
45     iterlm=iterlm+1;
46 end;
47

```

Gambar 4.6 Potongan *Pseudocode* Fungsi Detransformasi *Location map*

### 4.3 Hasil dan Uji Coba

Pada sub bab ini dibahas mengenai hasil uji coba terhadap metode yang diusulkan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui performa dari metode yang diusulkan terhadap kualitas serta keamanan dari media hasil penyemunyian

data. Dalam penelitian ini akan pengujian kualitas serta keamanan pada jenis gambar yaitu citra *greyscale*, citra berwarna RGB, serta citra berwarna RGB yang berupa citra medis.

Pengujian kualitas dari media yang dihasilkan menggunakan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra *cover* sebelum dan sesudah disisipkan pesan. Untuk menentukan PSNR, terlebih dahulu harus ditentukan nilai MSE (Mean Square Error). MSE adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra manipulasi

, Structural Similarity (SSIM). SSIM adalah metode untuk mengukur kesamaan antara dua gambar. Indeks SSIM dapat dilihat sebagai ukuran kualitas salah satu gambar yang dibandingkan dengan citra yang memiliki kualitas yang baik atau citra asal sebelum dilakukan pemrosesan. Pengukuran pada SSIM berdasarkan pencahayaan, kontras dan structural.

Universal Image Quality Index (UQI), UQI secara matematis didefinisikan sebagai pemodelan distorsi gambar relatif terhadap citra referensi sebagai kombinasi dari tiga faktor: hilangnya korelasi, distorsi pencahayaan, dan distorsi kontras. dan untuk kapasitas maksimal yang dapat ditampung pada sebuah media diukur dengan jumlah bit pesan yang disembunyikan.

Untuk pengujian keamanan dilakukan menggunakan *KL divergence* antara media hasil penyisipan dengan media asli sebelum dilakukan penyisipan, *KL divergence* adalah fungsi jarak alami dari "*True*" atau distribusi probabilitas,  $p$ , untuk "*Target*" distribusi probabilitas,  $q$ . Serta dilakukan pengujian dengan system *blind* menggunakan *Chi Square Attack* pada tiap citra hasil penyisipan. *Chi-Square Attack* berdasarkan histogram analisis pada *Pair of Values* (PoVs) yang ditukar dengan pesan selama proses penyisipan. PoVs dapat dibentuk oleh nilai-nilai *pixel*.

#### **4.3.1 Pengujian pada Citra *Greyscale***

Pada pengujian pada citra *greyscale* digunakan enam citra standar untuk pengujian citra digital yaitu mandril, lena, cameramen, peppers, plane, dan pirate. Pengujian dilakukan dengan menggunakan blok 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyembunyian data dengan metode yang diusulkan dengan kualitas dan keamanan media yang dihasilkan.



Pada Tabel 4.2 terlihat hasil pengujian PSNR pada metode yang diusulkan dengan besar blok 2x2. Citra mandril memiliki nilai PSNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian diikuti oleh lena, jetplane, pirate, dan cameramen. Pada tabel 4.3 merupakan hasil pengujian kualitas dengan SSIM pada citra *greyscale* dengan besar blok 2x2, terlihat seperti pada PSNR citra mandril memiliki nilai yang tertinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian pirate, peppers, jetplane, lena dan yang paling rendah adalah cameramen. Tabel 4.4 merupakan hasil pengukuran UQI dengan besar blok 2x2 pada citra *greyscale* nilai yang paling tinggi tetap dimiliki oleh citra mandril kemudian berturut turut pirate, peppers, jetplane, lena dan yang paling rendah adalah cameramen.

Tabel 4.2 Hasil PSNR pada citra *greyscale*

Citra	PSNR					
	50k	100k	150k	200k	250k	max
mandril	50,30	47,31	45,57	44,28	43,32	42,88
pirate	50,20	47,16	45,41	44,15	43,15	42,70
cameramen	50,06	47,10	45,43	44,09	43,11	42,59
peppers	50,02	47,07	45,30	44,15	43,10	42,48
jetplane	50,30	47,27	45,49	44,24	43,30	42,85
lena	50,21	47,27	45,48	44,22	43,26	42,86

Tabel 4.3. Hasil SSIM pada citra *greyscale*

Citra	SSIM					
	50k	100k	150k	200k	250k	max
mandril	0,9999	0,9997	0,9994	0,9992	0,9989	0,9988
pirate	0,9997	0,9992	0,9988	0,9983	0,9979	0,9977
cameramen	0,9986	0,9975	0,9965	0,9958	0,9953	0,9952
peppers	0,9994	0,9989	0,9984	0,9977	0,997	0,9968
jetplane	0,9993	0,9984	0,998	0,9976	0,997	0,9967
lena	0,9991	0,9985	0,998	0,9975	0,997	0,9967

Tabel 4.4. Hasil UQI pada citra *greyscale*

Citra	UQI					
	50k	100k	150k	200k	250k	max
mandril	0,9994	0,9969	0,9933	0,9902	0,9863	0,9851
pirate	0,9946	0,9849	0,975	0,9617	0,9511	0,945
cameramen	0,9399	0,8844	0,8227	0,7826	0,7631	0,7629
peppers	0,9896	0,9817	0,9719	0,9638	0,9533	0,9492
jetplane	0,9895	0,9698	0,9578	0,9461	0,9317	0,9236
lena	0,9792	0,9658	0,9528	0,9393	0,9282	0,9229

Pada pengukuran keamanan metode yang diusulkan, dilakukan dengan mengukur *KL divergence* dan *Chi Square Attack* pada citra yang dihasilkan berbeda dengan pengukuran kualitas, pada pengukuran keamanan nilai yang lebih rendah adalah nilai yang lebih baik. Pada pengukuran *KL divergence* dengan besar blok 2x2 yang tampak pada Tabel 4.5 terlihat citra cameramen memiliki nilai terendah. Sedangkan pada Tabel 4.6 dengan besar blok 2x2 citra lena memiliki hasil *chi square* yang paling rendah. Kapasitas maksimal yang dapat disisipkan dapat dilihat pada Tabel 4.7. Untuk hasil pengujian pada blok 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6 dapat dilihat pada bagian lampiran.

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran *KL divergence* pada citra *greyscale*

Citra	<i>KL divergence</i>					
	50k	100k	150k	200k	250k	max
mandril	49,908	74,1707	36,7448	60,1997	72,8009	60,6162
pirate	36,4000	46,0178	42,2449	77,5460	51,4902	86,7389
cameramen	0,0031	0,0085	0,0158	0,0270	0,0344	0,0394
peppers	653,8790	589,3137	537,5699	510,2399	487,2957	476,7520
jetplane	254,2689	254,9505	285,6088	271,0234	238,7475	273,0724
lena	11,7853	24,9584	72,9237	83,1926	57,7622	82,2054

Tabel 4.6 Hasil pengukuran *chi square attack* pada citra *greyscale*

Citra	Rerata P-value Chi Square Attack					
	50k	100k	150k	200k	250k	max
mandril	0,23999	0,07814	0,07749	0,07959	0,08333	0,06970
pirate	0,05322	0,05457	0,05816	0,05995	0,06840	0,05781
cameramen	0,05170	0,04700	0,04514	0,04260	0,04343	0,04132
peppers	0,77273	0,60111	0,44822	0,46801	0,48115	0,46952
jetplane	0,74916	0,52967	0,33242	0,08902	0,05098	0,04208
lena	0,05083	0,04846	0,04055	0,04981	0,05197	0,06861

Tabel 4.7 Kapasitas maksimal yang dapat disisipkan

Citra	Kapasitas Maksimal (bit)
lena	275254
mandril	275254
pirate	275254
cameramen	275254
peppers	275254
jetplane	275254

### 4.3.2 Pengujian pada Citra Berwarna RGB

Pada pengujian pada citra berwarna RGB digunakan enam citra standar untuk pengujian citra digital yaitu *baboon*, *lena*, *peppers*, *plane*, *tiffany* dan *lake*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan blok 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyembunyian data dengan metode yang diusulkan dengan kualitas dan keamanan media yang dihasilkan. Berbeda dengan pengujian pada citra *greyscale* yang hanya dilakukan pada satu chanel, citra berwarna RGB memiliki 3 chanel yang dapat disisipi oleh pesan. Sehingga mengakibatkan data yang bisa disisipkan meningkat.

Pada Tabel 4.8 dan 4.9 terlihat hasil pengujian PSNR pada metode yang diusulkan dengan besar blok 2x2. Citra *baboon* memiliki nilai PSNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian diikuti oleh *peppers*, *plane*, *lena*, *tiffany*, dan *lake* Pada Tabel 4.10 dan 4.11 merupakan hasil pengujian kualitas dengan SSIM dengan besar blok 2x2 pada citra berwarna RGB, terlihat seperti pada PSNR citra *baboon* memiliki nilai yang tertinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian *peppers*, *tiffany*, *lake*, *lena* dan yang paling rendah adalah *plane*. Tabel 4.12 dan 4.13 merupakan hasil pengukuran UQI dengan besar blok 2x2 pada citra berwarna RGB nilai yang didapatkan hampir serupa untuk seluruh citra kecuali citra *peppers* yang berada sedikit dibawah yang lain.

Tabel 4. 8 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB bagian pertama

Citra	PSNR							
	50	100	150	200	250	300	350	400
baboon	55,12	52,08	50,31	49,03	48,07	47,28	46,61	46,03
lena	54,99	51,97	50,23	48,93	47,99	47,21	46,54	45,95
perppers	55,05	52,07	50,29	49,05	48,09	47,31	46,63	46,05
plane	55,03	52,01	50,23	48,96	47,97	47,16	46,49	45,93
tifany	54,53	51,71	50,05	48,25	47,33	46,65	45,70	45,17
lake	55,09	52,03	50,20	48,97	47,99	47,22	46,57	45,98

Tabel 4. 9 Hasil PSNR pada citra berwarna RGB bagian kedua

Citra	PSNR								
	450	500	550	600	650	700	750	800	MAX
Baboon	45,51	45,05	44,64	44,26	43,91	43,59	43,29	43,16	42,89
Lena	45,45	44,99	44,58	44,2	43,86	43,54	43,25	43,09	42,83
perppers	45,55	45,09	44,66	44,29	43,95	43,65	43,34	43,19	42,93
Plane	45,42	44,99	44,56	44,2	43,84	43,5	43,22	43,08	42,82
Tifany	44,72	43,97	43,63	43,34	42,8	42,52	42,27	42,09	41,86
Lake	45,49	45,03	44,62	44,24	43,9	43,58	43,29	43,15	42,87

Tabel 4. 10 Hasil SSIM pada citra berwarna RGB bagian pertama

Citra	SSIM							
	50	100	150	200	250	300	350	400
Baboon	1,0000	0,9999	0,9999	0,9999	0,9998	0,9997	0,9996	0,9996
Lena	0,9997	0,9995	0,9992	0,9989	0,9988	0,9986	0,9984	0,9982
Perppers	0,9998	0,9996	0,9994	0,9991	0,9989	0,9987	0,9986	0,9983
Plane	0,9997	0,9995	0,9991	0,9987	0,9983	0,9979	0,9977	0,9976
Tifany	0,9998	0,9996	0,9993	0,999	0,9988	0,9985	0,9983	0,9981
Lake	0,9998	0,9996	0,9994	0,9993	0,9991	0,9989	0,9988	0,9987

Tabel 4. 11, Hasil SSIM pada citra berwarna RGB bagian kedua

Citra	SSIM								
	450	500	550	600	650	700	750	800	max
Baboon	0,9995	0,9993	0,9993	0,9992	0,9991	0,9990	0,9990	0,9989	0,9989
lena	0,9980	0,9978	0,9977	0,9975	0,9973	0,9972	0,9970	0,9969	0,9967
perppers	0,9981	0,9979	0,9977	0,9974	0,9972	0,9966	0,9962	0,9961	0,9958
plane	0,9974	0,9973	0,9971	0,9970	0,9968	0,9966	0,9963	0,9962	0,9960
tifany	0,9979	0,9977	0,9975	0,9973	0,9971	0,9969	0,9967	0,9966	0,9965
lake	0,9985	0,9984	0,9983	0,9982	0,9980	0,9978	0,9977	0,9976	0,9975

Tabel 4. 12 Hasil UQI pada citra berwarna RGB bagian pertama

Citra	UQI							
	50	100	150	200	250	300	350	400
baboon	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lena	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
perppers	1,000	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,997
plane	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
tifany	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lake	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 4.13 Hasil UQI pada citra berwarna RGB bagian kedua

Citra	UQI								
	450	500	550	600	650	700	750	800	MAX
baboon	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lena	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
perppers	0,996	0,996	0,995	0,995	0,995	0,991	0,987	0,987	0,988
plane	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
tifany	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lake	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000

Pada pengukuran keamanan metode yang diusulkan, dilakukan dengan mengukur *KL divergence* dan Chi Square Attack pada citra yang dihasilkan berbeda dengan pengukuran kualitas, pada pengukuran keamanan nilai yang lebih rendah adalah nilai yang lebih baik. Pada pengukuran *KL divergence* dengan besar blok 2x2 yang tampak pada Tabel 4.14 dan 4.15 terlihat citra palne memiliki nilai terendah. Sedangkan pada Tabel 4.16 dan 4.17 dengan besar blok 2x2 citra lena memiliki hasil chi square yang paling rendah. Kapasitas maksimal yang dapat disisipkan dapat dilihat pada Tabel 4.18. Untuk hasil pengujian pada blok 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6 dapat dilihat pada bagian lampiran.

Tabel 4.14 Hasil *KL divergence* pada citra berwarna RGB bagian pertama

Citra	<i>KL divergence</i>							
	50	100	150	200	250	300	350	400
baboon	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
lena	0,000	40,033	40,033	40,035	25,074	25,075	25,077	34,346
perppers	0,000	26,458	26,459	26,459	27,154	27,157	27,158	13,586
plane	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,009
tifany	0,000	84,17	84,171	84,174	80,27	80,271	80,277	76,200
lake	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,005	0,006	13,583

Tabel 4.15. Hasil *KL divergence* pada citra berwarna RGB bagian kedua

Citra	<i>KL divergence</i>								
	450	500	550	600	650	700	750	800	MAX
baboon	0,007	0,009	0,01	0,012	0,014	0,017	0,019	0,021	0,023
lena	34,348	34,35	32,339	32,341	32,344	30,382	30,385	30,387	30,365
perppers	13,59	13,591	12,903	12,909	12,91	0,041	0,054	0,055	12,546
plane	0,011	0,013	0,016	0,018	0,02	40,749	40,751	40,753	13,606
tifany	76,202	76,215	75,482	75,484	75,501	101,292	101,296	97,804	93,189
lake	13,585	13,586	13,588	13,591	13,593	27,17	27,172	27,173	13,601

Tabel 4.16. Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB bagian pertama

Citra	Rata rata P-Value Chi Square Attack							
	50	100	150	200	250	300	350	400
baboon	0,082	0,082	0,082	0,080	0,080	0,080	0,089	0,089
lena	0,067	0,067	0,067	0,049	0,049	0,049	0,046	0,046
perppers	0,078	0,078	0,078	0,091	0,091	0,091	0,082	0,082
plane	0,082	0,082	0,082	0,088	0,088	0,088	0,081	0,081
tifany	0,071	0,071	0,071	0,054	0,054	0,054	0,058	0,058
lake	0,073	0,073	0,073	0,083	0,083	0,083	0,085	0,085

Tabel 4. 17 Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB bagian kedua

Citra	Rata rata P-Value Chi Square Attack								
	450	500	550	600	650	700	750	800	MAX
baboon	0,089	0,094	0,094	0,094	0,082	0,082	0,082	0,079	0,079
lena	0,046	0,052	0,052	0,052	0,055	0,055	0,055	0,054	0,054
perppers	0,082	0,093	0,093	0,093	0,079	0,079	0,079	0,085	0,085
plane	0,081	0,072	0,072	0,072	0,075	0,075	0,075	0,071	0,071
tifany	0,058	0,065	0,065	0,065	0,157	0,157	0,157	0,165	0,165
lake	0,085	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,069	0,069

Tabel 4. 18 Hasil kapasitas maksimal pesan yang dapat disisipkan

Citra	Kapasitas Maksimal(bit)
baboon	825762
lena	825762
perppers	825762
plane	825762
tifany	825762
lake	825762

### 4.3.3 Pengujian pada Citra Berwarna RGB berupa Citra Medis

Pada pengujian pada citra medis berwarna RGB digunakan enam citra x-ray yaitu *abdomen*, *chest*, *chest2*, *hand*, *leg* dan *leg2*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan blok 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyembunyian data dengan metode yang diusulkan dengan kualitas dan keamanan media yang dihasilkan. Citra medis memiliki sebuah kekhasan yaitu seringnya sebuah citra medis memiliki background yang sangat kontras terhadap objek didepannya. Background ini pun akan memiliki nilai yang mendekati batas nilai sebuah *pixel*, sehingga dengan digunakannya citra medis berwarna RGB dapat dilakukan penyisipan yang efektif oleh metode yang diusulkan. Ukuran citra yang digunakan abdomen: 387x523, chest: 461x515 chest2: 437x516, hand: 389x467, leg: 410x500, dan leg2: 322x423.

Pada Tabel 4.19 dan 4.20 terlihat hasil pengujian PSNR pada metode yang diusulkan dengan besar blok 2x2. Citra chest memiliki nilai PSNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian diikuti oleh chest2, abdomen, hand, leg2, dan leg. Pada Tabel 4.21 dan 4.22 merupakan hasil pengujian kualitas dengan SSIM dengan besar blok 2x2, citra hand, leg, dan leg2 memiliki nilai yang tertinggi dibandingkan dengan citra yang lain, kemudian chest2, chest dan yang paling rendah adalah abdomen. Tabel 4.2 dan 4.24 merupakan hasil pengukuran UQI dengan besar blok 2x2 citra hand memiliki angka paling besar tingkat kemiripannya dibandingkan dengan citra aslinya kemudian diikuti chest2, abdomen, chest, leg dan leg2.

Tabel 4.19. Hasil PSNR pada citra berwarna RGB medis bagian pertama

CITRA	PSNR						
	50	100	150	200	250	300	350
abdomen	54,428	51,418	49,657	48,26	47,205	46,357	45,716
chest	55,261	52,251	50,49	49,212	48,226	47,423	46,743
chest2	54,859	51,848	50,088	48,689	47,633	46,784	46,092
hand	53,221	50,219	48,457	47,187	46,205	45,406	44,819
leg	51,907	48,897	47,136	46,048	45,179	44,456	43,889
leg2	51,984	48,974	47,213	46,084	45,189	44,447	43,858

Tabel 4.20. Hasil PSNR pada citra berwarna RGB medis bagian kedua

CITRA	PSNR							
	400	450	500	550	600	650	700	MAX
abdomen	45,157	44,662	44,22	43,819	43,452	43,367		0,023
chest	46,155	45,637	45,18	44,766	44,388	44,07	43,773	30,365
chest2	45,496	44,972	44,507	44,088	43,705	43,464		12,546
hand	44,304	43,842	43,447	43,085				13,606
leg	43,387	42,938	42,499	42,100	41,734			93,189
leg2	43,339							13,601

Tabel 4.21. Hasil SSIM pada citra berwarna RGB medis bagian pertama

CITRA	SSIM						
	50	100	150	200	250	300	350
abdomen	0,997	0,994	0,992	0,988	0,984	0,98	0,976
chest	0,996	0,992	0,988	0,984	0,981	0,977	0,973
chest2	0,998	0,995	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
hand	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997	0,997	0,996
leg	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996	0,996
leg2	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997	0,996	0,996

Tabel 4.22. Hasil SSIM pada citra berwarna RGB medis bagian kedua

CITRA	SSIM							
	400	450	500	550	600	650	700	MAX
abdomen	0,972	0,968	0,966	0,963	0,961	0,961		0,959
chest	0,969	0,965	0,961	0,957	0,953	0,949	0,945	0,94
chest2	0,992	0,992	0,991	0,991	0,990	0,989		0,986
hand	0,996	0,996	0,995	0,995				0,994
leg	0,996	0,995	0,995	0,994	0,993			0,993
leg2	0,995							0,995



Tabel 4.23. Hasil UQI pada citra berwarna RGB medis bagian pertama

CITRA	UQI						
	50	100	150	200	250	300	350
abdomen	0,976	0,952	0,928	0,902	0,877	0,851	0,824
chest	0,970	0,941	0,911	0,886	0,861	0,835	0,809
chest2	0,983	0,966	0,949	0,949	0,949	0,949	0,949
hand	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999
leg	0,958	0,916	0,875	0,844	0,813	0,782	0,745
leg2	0,968	0,936	0,904	0,864	0,824	0,784	0,782

Tabel 4.24. Hasil UQI pada citra berwarna RGB medis bagian kedua

CITRA	UQI							
	400	450	500	550	600	650	700	MAX
abdomen	0,797	0,77	0,753	0,735	0,718	0,715		0,709
chest	0,783	0,757	0,728	0,699	0,671	0,643	0,616	0,573
chest2	0,949	0,949	0,943	0,937	0,931	0,922		0,906
hand	0,999	0,999	0,999	0,999				0,999
leg	0,708	0,672	0,63	0,588	0,546			0,508
leg2	0,779							0,884

Pada pengukuran keamanan metode yang diusulkan, dilakukan dengan mengukur *KL divergence* dan Chi Square Attack pada citra yang dihasilkan berbeda dengan pengukuran kualitas, pada pengukuran keamanan nilai yang lebih rendah adalah nilai yang lebih baik. Pada pengukuran *KL divergence* dengan besar blok 2x2 yang tampak pada tabel 4.25 dan 4.26 terlihat citra chest2 memiliki nilai terendah. Sedangkan pada table 4.27 dan 4.28 dengan besar blok 2x2 citra hand memiliki hasil chi square yang paling rendah. Kapasitas maksimal yang dapat disisipkan dapat dilihat pada Tabel 4.29. Untuk hasil pengujian pada blok 3x3, 4x4, 5x5, dan 6x6 dapat dilihat pada bagian lampiran.

Tabel 4.25. Hasil *KL divergence* pada citra berwarna RGB medis bagian pertama

CITRA	<i>KL divergence</i>						
	50	100	150	200	250	300	350
Abdomen	0,019	0,059	0,111	0,172	0,244	0,329	0,404
chest	0,034	0,095	0,169	0,234	0,304	0,379	0,462
chest2	0,019	0,056	0,103	0,103	0,104	0,105	0,108
hand	0,000	0,003	0,007	0,010	0,016	12,135	12,144
leg	0,019	0,065	0,128	0,178	0,234	0,297	0,357
leg2	21,748	20,366	19,562	19,636	19,719	19,813	19,722

Tabel 4.26. Hasil *KL divergence* pada citra berwarna RGB medis bagian kedua

CITRA	<i>KL divergence</i>							
	400	450	500	550	600	650	700	MAX
abdomen	0,486	0,574	0,638	0,706	0,779	0,795		0,828
chest	0,550	0,642	0,745	0,854	0,968	1,093	1,224	1,364
chest2	0,112	0,116	0,134	0,153	0,173	0,210		0,295
hand	12,155	12,168	12,179	12,191				12,205
leg	0,424	0,499	0,595	0,701	0,820			0,946
leg2	19,637							19,83

Tabel 4.27. Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB medis bagian pertama

CITRA	Rata rata P-Value Chi Square Attack						
	50	100	150	200	250	300	350
abdomen	0,664	0,664	0,664	0,586	0,586	0,586	0,585
chest	0,755	0,755	0,755	0,726	0,726	0,726	0,727
chest2	0,082	0,082	0,082	0,086	0,086	0,086	0,111
hand	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,051
leg	0,712	0,712	0,712	0,742	0,742	0,742	0,744
leg2	0,053	0,053	0,053	0,045	0,045	0,045	0,047

Tabel 4.28. Hasil Chi Square Attack pada citra berwarna RGB medis bagian kedua

CITRA	Rata rata P-value Chi Square Attack							
	400	450	500	550	600	650	700	MAX
Abdomen	0.585	0.585	0.587	0.587	0.587	0.587		0.584
Chest	0.727	0.727	0.721	0.721	0.721	0.724	0.724	0.734
chest2	0.111	0.111	0.051	0.051	0.051	0.034		0.028
Hand	0.051	0.051	0.042	0.042				0.045
Leg	0.744	0.744	0.738	0.738	0.738			0.745
leg2	0.047							0.049

Tabel 4.29 Kapasitas maksimal citra medis

Citra	Kapasitas Maksimal (bit)
abdomen	634704
chest	744786
chest2	708687
hand	569562
leg	645750
leg2	428043

#### 4.4 Analisa dan Pembahasan

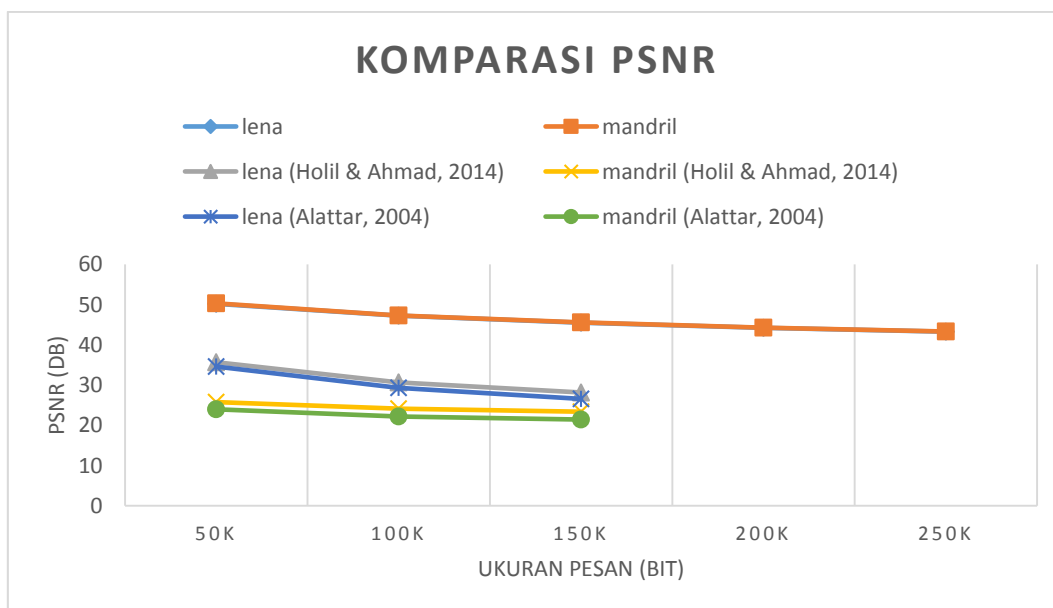
Pada subbab ini akan dilakukan analisa terhadap hasil pengujian yang telah didapatkan pada subbab sebelumnya. Metode yang diusulkan (Alattar, 2004) dan (Holil & Ahmad, 2014) akan digunakan sebagai metode pembading terhadap metode yang disusulkan.

##### 4.4.1 Perbandingan Kualitas

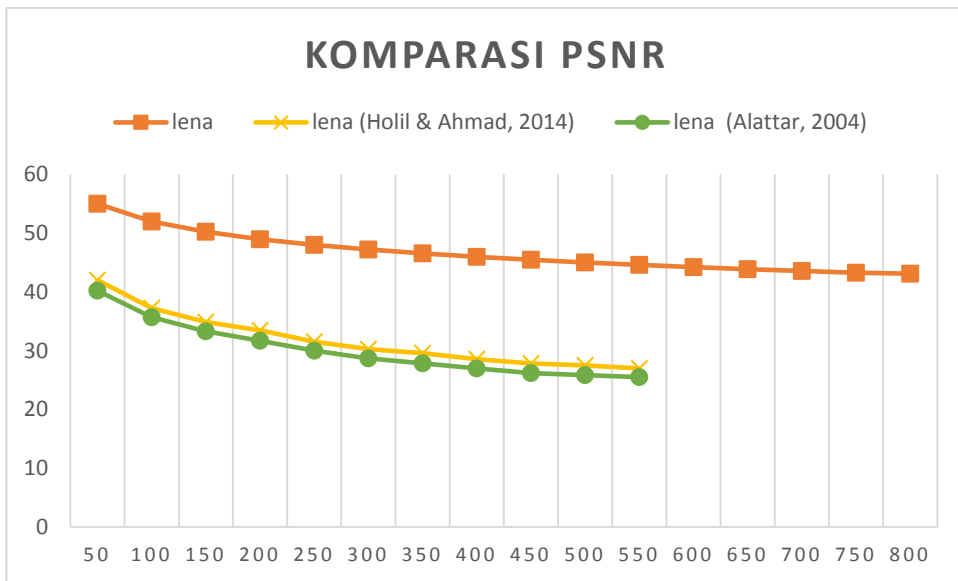
Proses pengujian kualitas dan keamanan pada citra *greyscale* yang telah dilakukan dengan metode PSNR, SSIM, dan UQI untuk kualitas serta *KL divergence* dan Chi Square Attack. Metode yang diusulkan dibandingkan dengan penyembunyian data yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014) serta (Alattar, 2004). Selain keduanya meruapakan reversible data hiding, keduanya jguga mengembangkan metode yang disusun oleh (Tian, 2003).

Pada Gambar 4.7 terlihat hasil pengujian PSNR terhadap metode yang diusulkan, metode yang diusulkan (Holil & Ahmad, 2014), serta metode yang diusulkan (Alattar, 2014). Penyisipan dilakukan dengan menyisipkan 50 Kbit, 100 Kbit, 150 Kbit sampai dengan 250 Kbit. Terlihat metode yang diusulkan mampu menghasilkan PSNR yang tertinggi dibandingkan dengan dua metode yang lain. Hal ini disebabkan karena rendahnya perubahan nilai *pixel* yang digunakan sebagai metode penyisipan.

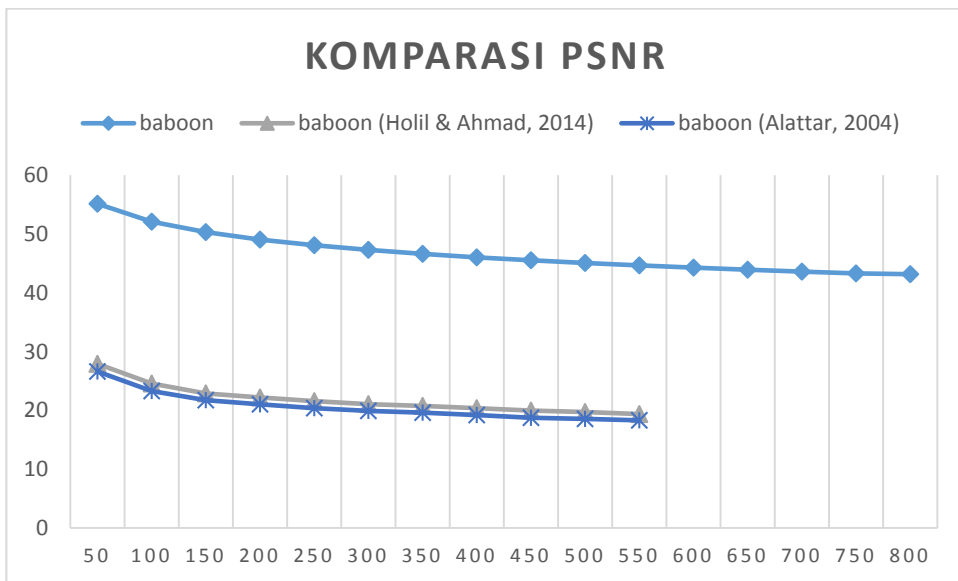
Metode penyisipan dimana nilai pesan basis 3 dibandingkan dengan modulo 3 dari perbedaan nilai *pixel* dan nilai *pixel* referensi. Sehingga perbedaan dari nilai *pixel* lama dan nilai baru diantara  $-2$  dan  $+2$ . Sedangkan dua metode yang lain masih menggunakan dua kali dari perbedaan dari nilai *pixel* dan nilai *pixel* referensi. Sehingga citra yang dihasilkan mendekati citra asli dilihat dari nilai PSNR yang besar mengungguli nilai PSNR metode yang lain. Pengujian PSNR dilakukan dengan membandingkan citra hasil penyisipan dan citra asli sebelum dilakukan penyisipan. Pada Gambar 4.7 terlihat metode yang diusulkan mampu melakukan penyisipan lebih banyak dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Selain itu nilai PSNR yang dihasilkanpun jauh diatas dua metode yang lain, dan perbedaan PSNR dari metode yang lain semakin membesar seiring dengan besarnya pesan yang disisipkan.



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan PSNR dengan Metode Sebelumnya pada Citra Greysclae



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran PSNR ada Citra Berwarna RGB Lena

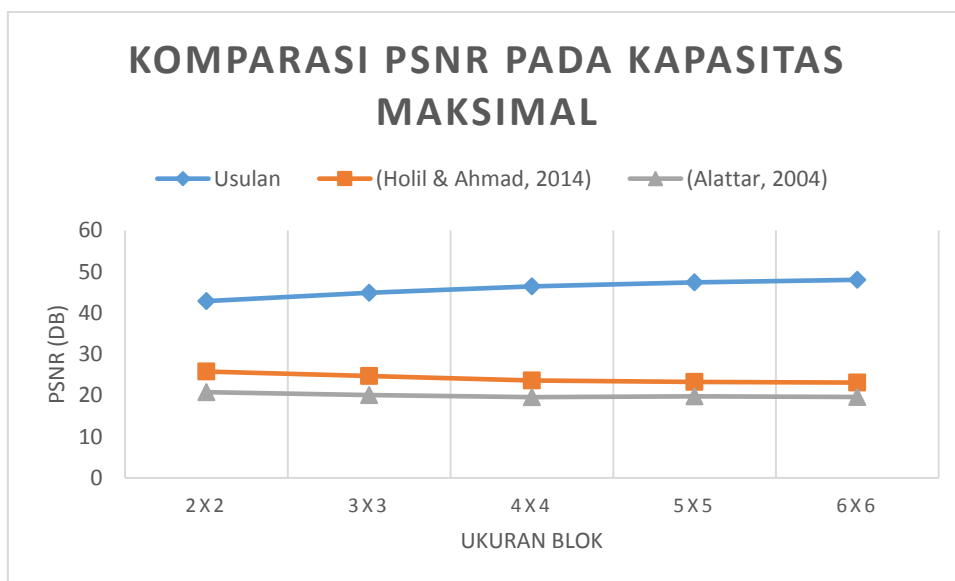


Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran PSNR pada Citra Berwarna RGB Baboon

Pengujian kualitas menggunakan PSNR pada citra berwarna RGB, dilakukan dengan menyisipkan pesan dari 50Kbit samapi dengan 1050 Kbit. Penyisipan pada metode yang diusulkan mampu menyimpan sampai 800Kbit sebelum kapasitas maksimalnya sedangkan pada metode sebelumnya hanya mampu menyimpan 550Kbit sebelum kapasitas maksimalnya. Hasil perbandingan kualitas dengan PSNR dari metode yang diusulkan dan metode sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 Terlihat hasil PSNR pada metode yang diusulkan

dengan citra lena dan baboon memiliki nilai yang mirip dan terbesar jika dibandingkan dua metode sebelumnya. Hasil psnr metode yang diusulkan pun tidak mengalami penurunan yang drastis ketika pesan yang disipkan semakin membesar. Sedangkan metode yang diusulan oleh (Holil & Ahmad, 2014) mengalami penurunan yang besar ketika dilakukan penyisipan sebesar 200kbit.

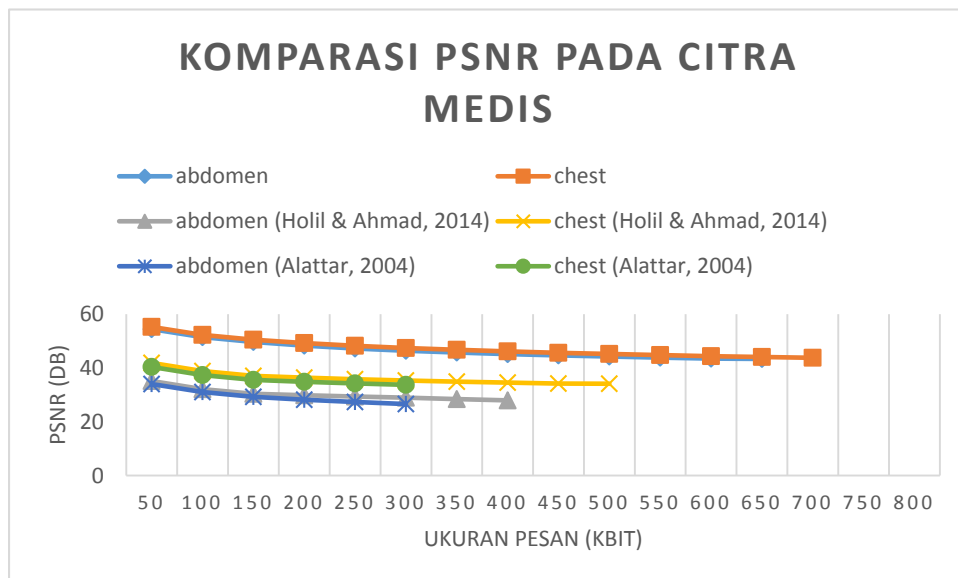
Pada Gambar 4.10 terlihat perbandingan ukuran PSNR pada citra mandril *greyscale* ketika dilakukan penyisipan dengan ukuran sesuai kapasitas maksimalnya. Terlihat pada metode yang diusulkan hasil PSNR akan naik ketika blok penyisipan dinaikkan, akan tetapi pada metode sebelumnya PSNR akan semakin turun. Hal ini dikarenakan ketika blok penyisipan semakin diperbesar maka penyisipan *location map* pada titik referensi akan semakin sedikit disebabkan oleh berkurangnya titik referensi ketika blok diperbesar. Penyebab yang lain adalah ketika ukuran blok diperbesar maka perbedaan *pixel* antar anggota *pixel* akan semakin besar sehingga perbedaan nilai *pixel* anggota blok dan titik referensi akan semakin membesar. Berbeda dari dua metode sebelumnya, metode yang diusulkan tidak memanfaatkan nilai dari perbedaan tersebut melainkan nilai dari modulo tiga dari perbedaan nilai *pixel* dan titik referensi sehingga walaupun ukuran blok penyisipan diperbesar perubahan nilai perbedaan antara nilai *pixel* anggota dan titik referensi tetap diantara -2 dan +2.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan PSNR pada kapasitas makasimal dan dengan ukuran blok yang berbeda

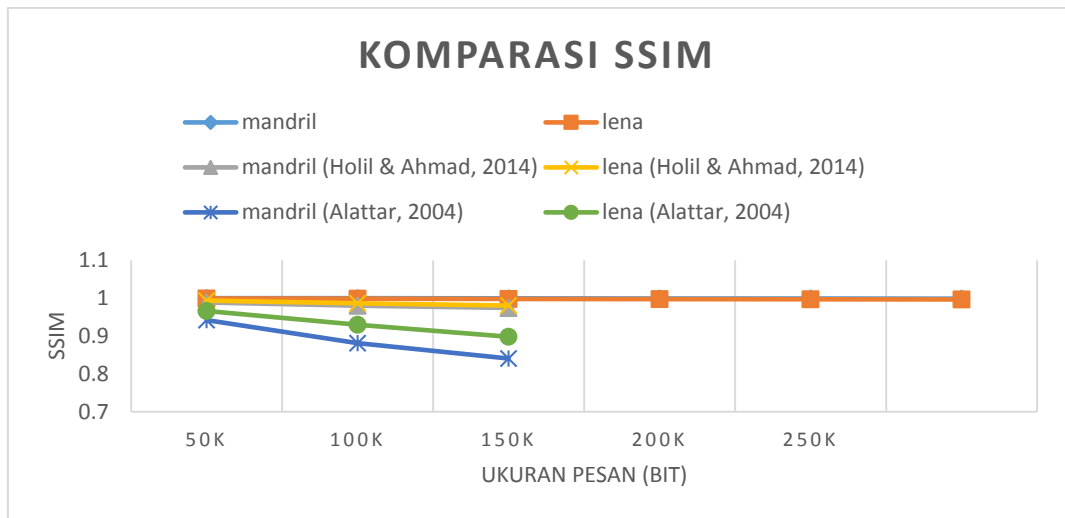
Perbandingan kualitas menggunakan PSNR pada citra medis dapat dilihat pada Gambar 4.11. terlihat citra abdomen dan chest pada metode yang digunakan jauh mengungguli dua metode *difference expansion* sebelumnya selain kualitas yang naik kapasitas penyimpanan pada citra tersebut naik lebih dari dua kali lipat.

Pengukuran kualitas berikutnya adalah SSIM, pada SSIM ketika sebuah citra memiliki angka semakin besar maka semakin mirip antara kedua citra yang dibandingkan. Pada Gambar 4.12 terlihat metode yang diusulkan mampu mendekati angka satu pada saat dilakukan penyisipan pesan dari 50Kbit sampai dengan 250Kbit. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kemiripan antara citra hasil penyisipan dan citra asli memiliki kemiripan yang besar. Dibandingkan dengan dua metode DE yang sebelumnya, pada metode yang diusulkan penurunan nilai SSIM tidak begitu terlihat sedangkan pada metode yang diusulkan (Alattar, 2014) terlihat penurunan yang besar ketika dilakukan penyisipan 150Kbit.



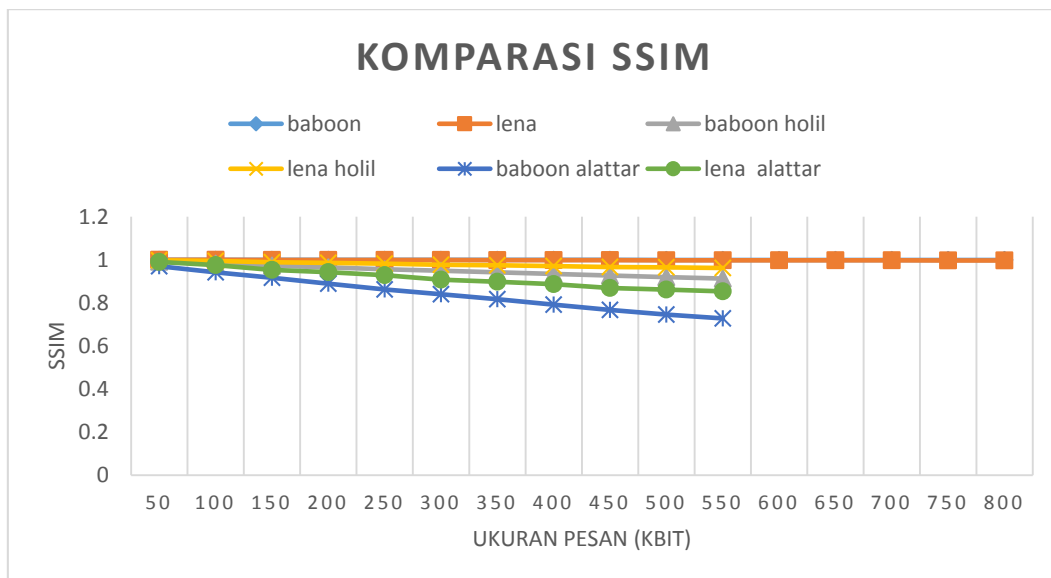
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan PSNR pada Citra Medis

Pada citra berwarna RGB perbandingan kualitas dengan SSIM dapat dilihat pada Gambar 4.13. Seperti pada citra *greyscale* pada citra berwarna RGB nilai SSIM pada metode yang diusulkan selalu mendekati angka satu ketika dilakukan penyisipan dari 50 Kbit sampai dengan 800Kbit. Nilai yang konstan pada tiap ukuran pesan yang disisipkan tersebut menunjukkan bahwa pada metode yang dihasilkan yang dihasilkan tidak terdapat distorsi yang besar pada citra hasil.



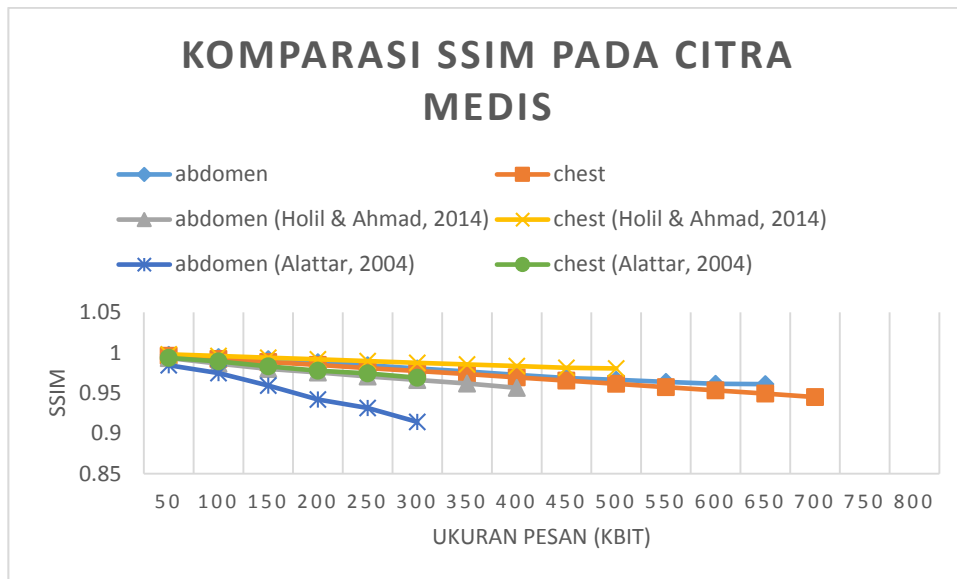
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan SSIM dengan Metode Sebelumnya pada Citra Greyscale

Pada penyisipan pada citra medis terlihat pada metode yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014) pada citra chest mampu mengungguli metode yang diusulkan dan nilai SSIM pada citra chest pada metode yang diusulkan oleh (Alattar, 2014) hampir menyamai metode yang diusulkan. Hal ini dikarenakan banyaknya nilai *pixel* yang sama sehingga pergeseran *pixel* yang terjadi pada nilai perbedaan maksimal yaitu +2 dan -2 akan tetapi kapasitas penyimpanan yang diberikan bisa jauh melebihi dari dua metode sebelumnya.



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan SSIM dengan Metode Sebelumnya pada Citra Berwarna RGB



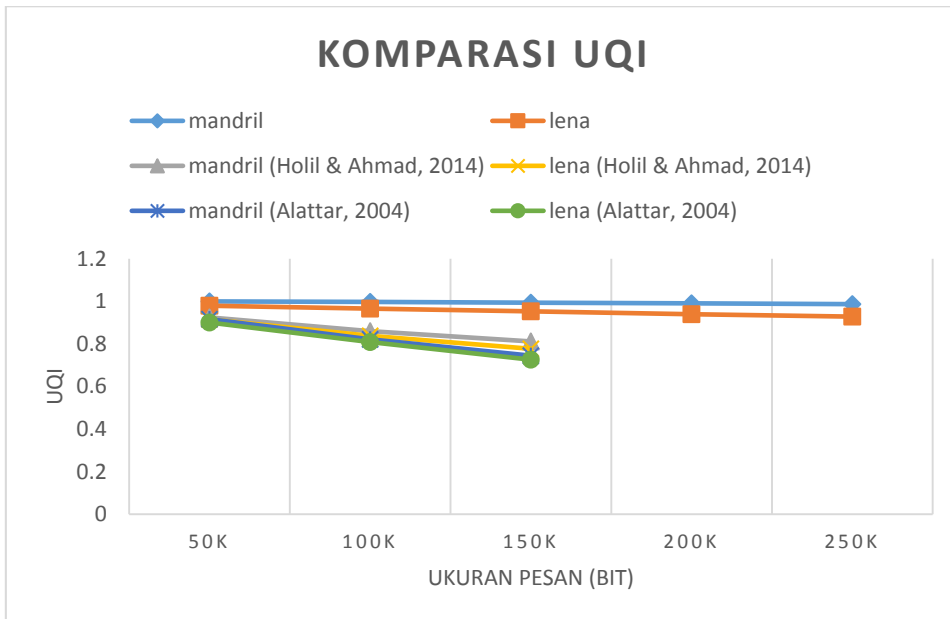


Gambar 4. 14 Grafik perbedaan nilai SSIM pada citra medis

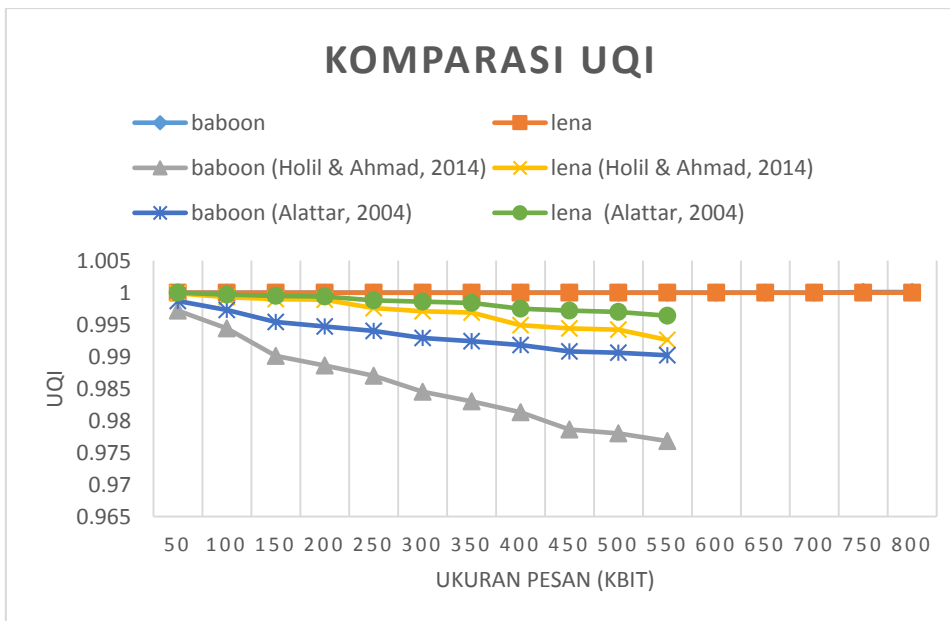
Pengukuran kualitas yang terakhir adalah Universal Quality Index (UQI), seperti pada pengukuran dengan SSIM dimana nilai terbaik adalah nilai UQI yang mendekati satu atau sama dengan citra asli sebelum dilakukan penyisipan. Metode yang diusulkan terlihat tidak turun secara drastis walaupun sudah dilakukan penyisipan dari 50Kbit sampai dengan 250Kbit. Nilai UQI yang dihasilkan cenderung untuk mendekati nilai satu. Dengan nilai untuk mandril antara 0.99 samapai 0.98 dan lena diantara 0.97 dan 0.92. Sedangkan dua metode yang lain mengalami penurunan dari 0.9 ke 0.7.

Sedangkan untuk citra berwarna RGB perbandingan UQI dapat dilihat pada Gambar 4.16. Pada metode yang diusulkan selau bernilai 1 atau dianggap sama oleh pengukuran UQI, sedangkan metode sebelumnya akan menurun seiring besarnya penyisipan. Tampak pada grafik 4.16 citra baboon pada metode (Holil & Ahmad, 2014) dan (Alattar, 2014) memiliki nilai yang mengalami penurunan cukup drastis. Pada citra medis seperti terlihat pada Gambar 4.17, metode yang diusulkan berada dibawah metode yang diusulkan oleh (Alattar, 2014) akan tetapi lebih baik jika dibandingkan dengan metode yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014). Seperti pada SSIM hal ini dikarenakan pada citra medis memiliki warna dasar yang hampir sama sehingga membuat banyak nilai *pixel* yang sama, hal ini berakibat pada nilai perbedaan pada nilai maksimal yaitu +2 dan -2 . Hasil kualitas yang lebih baik dari

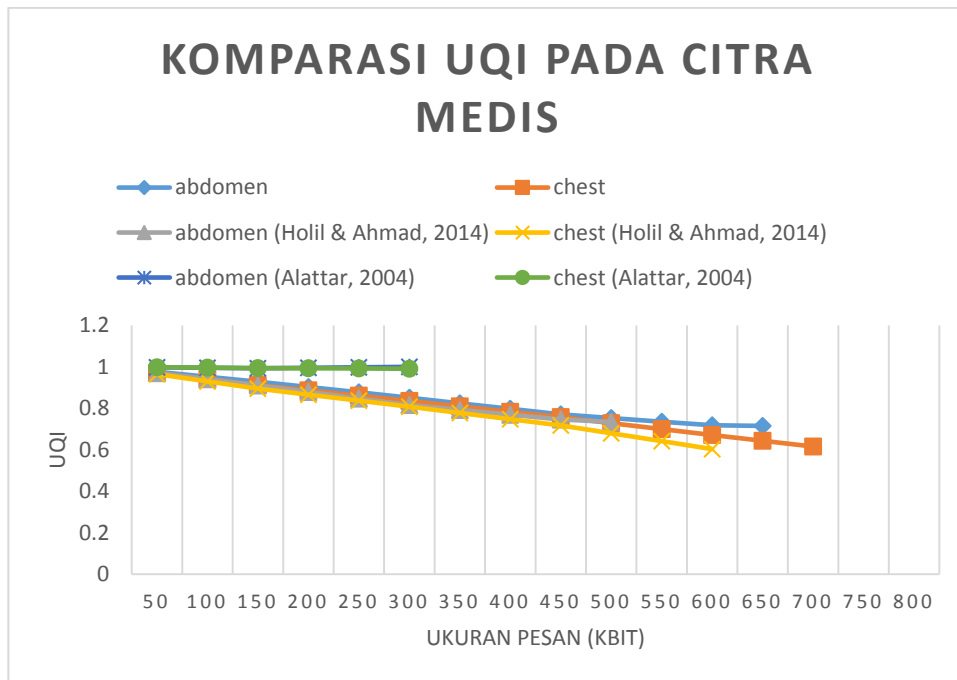
dua metode sebelumnya ini disebabkan oleh rendahnya perbedaan antara nilai *pixel* pada citra hasil penyisipan dan citra asli sebelum dilakukan penyisipan.



Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan UQI dengan Metode Sebelumnya pada Citra *Greyscale*



Gambar 4. 16 Grafik perbandingan UQI pada Citra Berwarna RGB



Gambar 4. 17 Grafik perbandingan UQI pada citra medis

Perbandingan hasil citra hasil penyisipan ketika disisipkan secara maksimal dapat dilihat pada Gambar 4.18. Pada Gambar 4.18 (a),(d), (g),(j), dan (m) merupakan hasil citra pada metode yang diusulkan, sedangkan pada 4.18 (b),(e), (h), (k), dan (n) merupakan hasil penyisipan dengan metode yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014), dan pada 4.18(c), (f), (i), (l), dan (o) adalah hasil citra ketika dilakukan penyisipan dengan metode yang diusulkan oleh (Alattar, 2014).

Pada gambar 4.18 terlihat tidak terlihat adanya distorsi pada hasil citra dengan penyisipan pada metode yang diusulkan, sedangkan pada metode yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014) dan (Alattar, 2014) terlihat muncul banyak noise berupa titik putih putih dan garis pada hasil kedua metode tersebut. Pada citra medis noise ini tidak begitu terlihat akan tetapi background yang awalnya berwarna hitam pekat berubah menjadi sedikit keabu abuan.

Kapasitas pada metode yang diusulkan juga mengalami peningkatan dibandingkan metode sebelumnya tampak pada Tabel 4.30, 4.31, dan 4.32. Kenaikan kapasitas penyimpanan terjadi pada seluruh citra dengan kenaikan sekitar 35%. Hal ini dikarenakan dengan rendahnya perbedaan *pixel* baru yang dihasilkan sehingga pada metode yang diusulkan jarang mengalami gagal embed dikarenakan nilai *pixel* baru yang mengalami overflow maupun underflow, dan juga dengan

digunakannya bilangan 3 pada pesan rahasia yang disisipkan maka ada kemungkinan sebuah *pixel* dapat diembed dengan nilai 2 bit. Dengan demikian kapasitas penyimpanannya dapat meningkat.

Tabel 4. 30. Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal antara Metode usulan dengan Metode Sebelumnya pada Citra *Greyscale*

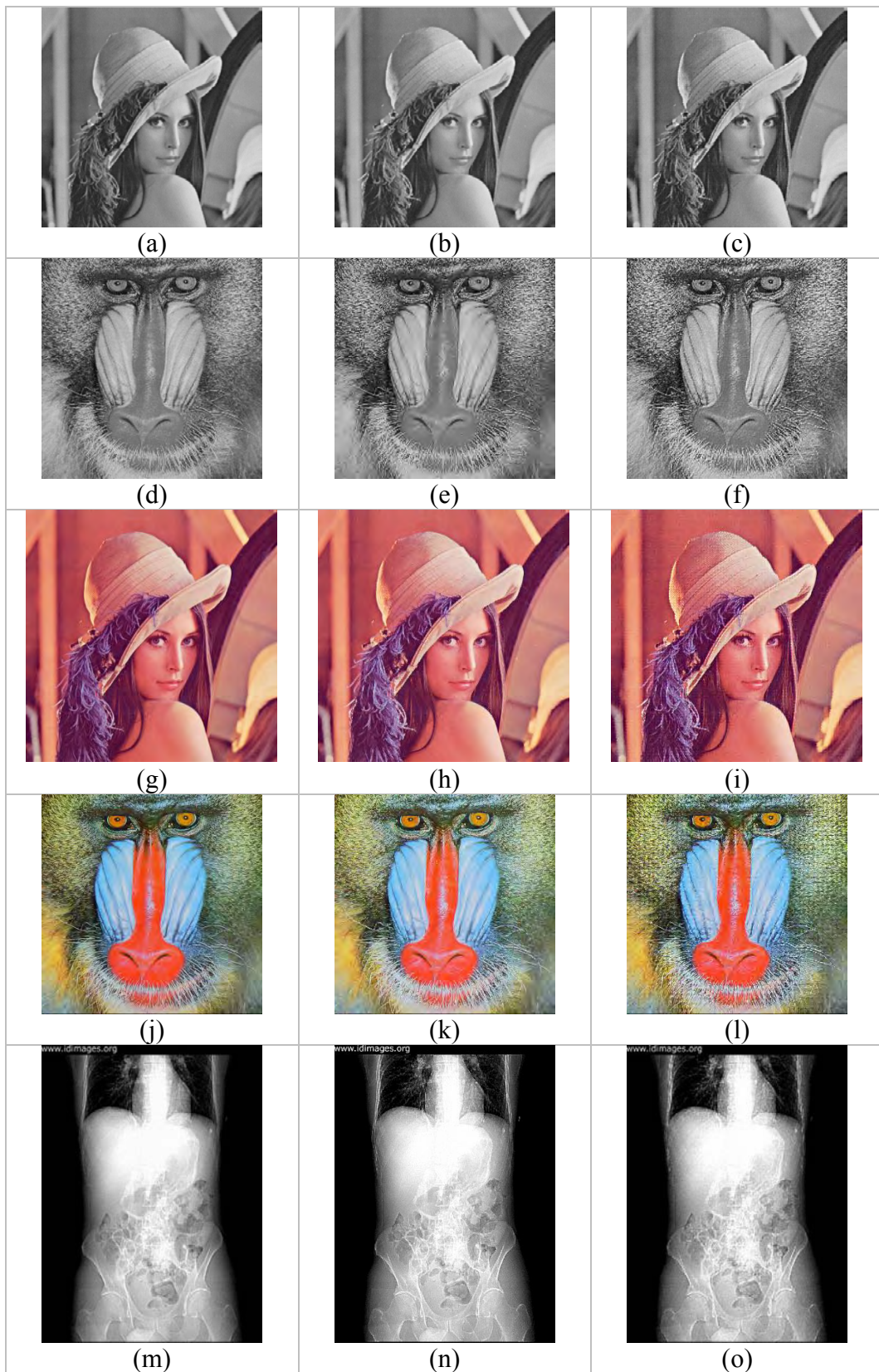
citra	Kapasitas (Alattar, 2014) (bit)	kapasitas (Holil & Ahmad, 2014) (bit)	Kapasitas Metode Usulan (bit)
lena	195250	196576	275254
mandril_gray	194602	196609	275254
pirate	194599	196543	275254
cameramen	191299	196570	275254
peppers	193087	196606	275254
jetplane	191128	196609	275254

Tabel 4. 31 Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal pada Citra Berwarna RGB

citra	Kapasitas (Alattar, 2014) (bit)	kapasitas (Holil & Ahmad, 2014) (bit)	Kapasitas Metode Usulan (bit)
baboon	551589	588969	825762
lena	581592	589476	825762
paper	543837	589752	825762
plane	584682	589782	825762
tiffany	504354	475023	825762
lake	557235	589488	825762

Tabel 4. 32 Tabel Perbandingan Kapasitas Maksimal pada Citra Medis

citra	Kapasitas (Alattar, 2014) (bit)	Kapasitas (Holil & Ahmad, 2014) (bit)	Kapasitas Metode Usulan (bit)
abdomen	277473	442713	634704
chest	291603	531507	744786
chest2	437637	504885	708687
hand	402882	405159	569562
leg	443118	457482	645750
leg2	294699	305202	428043



Gambar 4. 18 Perbandingan hasil citra dengan penyisipan maksimal

#### 4.4.2 Perbandingan Keamanan

Pengujian keamanan dilakukan dengan melakukan pengujian *KL divergence* antara citra asli dan citra hasil penyisipan dan melakukan Chi Square Attack pada citra hasil penyisipan. Kedua metode pengujian ini sama sama menggunakan histogram dalam melakukan pengujian keamanan.

Pada citra *greyscale* pengujian *KL divergence* dilakukan pada 6 citra dengan penyisipan dari ukuran 50Kbit kemudian berangsur angsur ditingkatkan sampai kapasitas maksimal dari citra tersebut. Pada *KL divergence* semakin mendekati angka 0 dikatakan sebuah citra semakin aman karena semakin mendekati citra aslinya. Pada Gambar 4.19 terlihat nilai perbandingan nilai *KL divergence* pada citra *greyscale*. Penyisipan dengan metode yang diusulkan selalu mempunyai nilai dibawah 100 sedangkan pada dua metode sebelumnya bernilai diatas 150 pada penyisipan diantara 50Kbit samapai dengan 150Kbit.

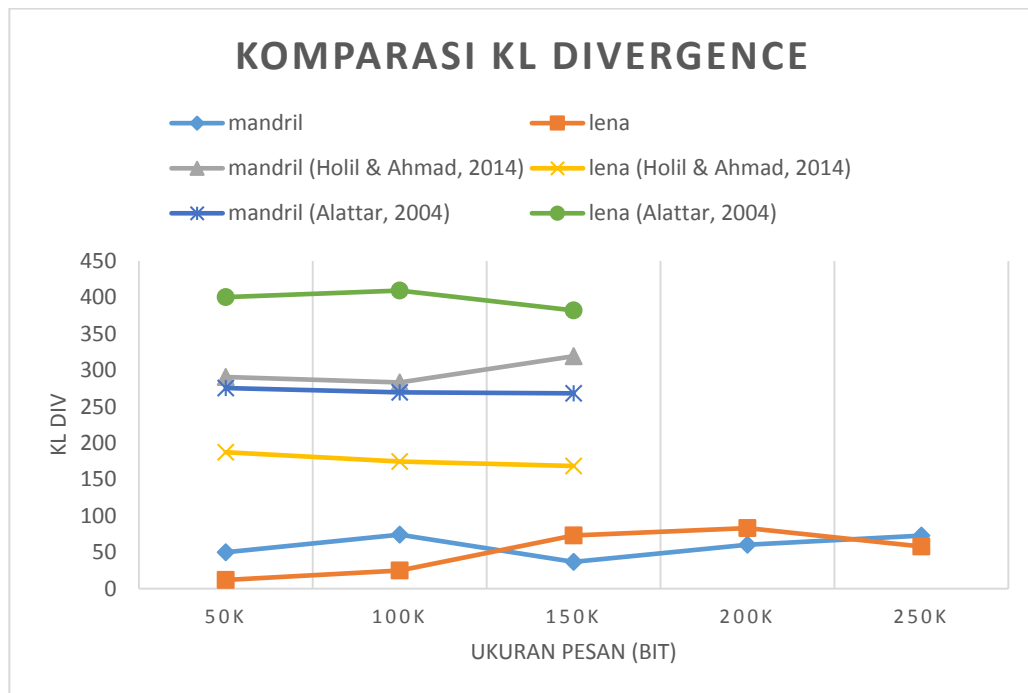
Pada citra berwarna RGB citra baboon memiliki nilai *KL divergence* yang paling kecil menggunakan ketiga metode. Pada metode yang diusulkan citra baboon memiliki nilai 0,0001 sampai dengan 0.0023, sedangkan pada metode sebelumnya nilai minimalnya adalah 0.001 pada penyisipan 50Kbit. Hal yang sama juga terdapat pada citra pepper, akan tetapi pada citra lena metode yang diusulkan oleh (Holil & Ahmad, 2014) mampu memberikan nilai kurang dari 0,001 sampai dengan 0,01 pada penyisipan 50 Kbit sampai dengan 500 Kbit kemudian memiliki nilai 11. Sedangkan pada metode yang diusulkan nilainya berada diantar 25 sampai dengan 40, dan pada metode yang diusulkan oleh (Alattar, 2014) berada pada nilai 12 sampai dengan 31.

Akan tetapi pada citra peppers metode yang diusulkan mampu mengungguli jauh jika dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Hal ini disebabkan pada citra lena terdapat beberapa nilai *pixel* yang memiliki jumlah jauh diatas nilai aslinya. Sehingga walaupun secara kualitas dikatakan baik atau mendekati aslinya dengan pengukuran *KL divergence* patut dicurigai jika sebuah citra memiliki nilai yang besar.

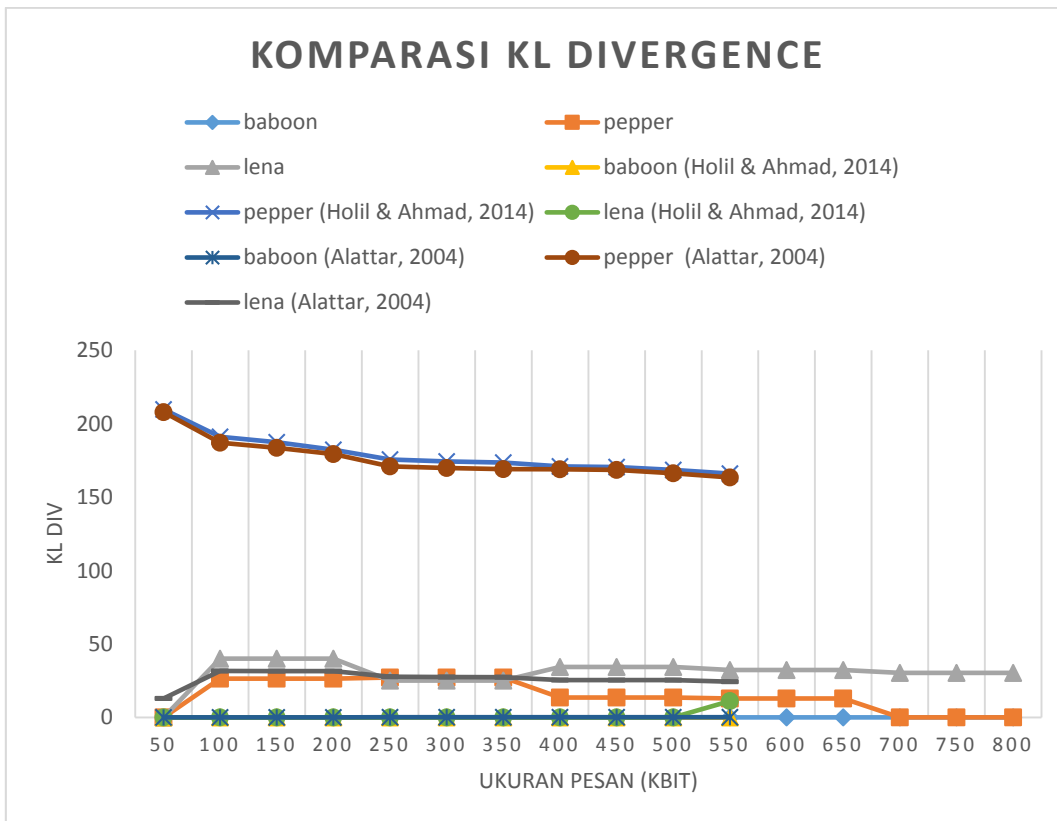
Pada Citra medis nilai *KL divergence* yang dihasilkan relative lebih kecil pada semua metode. Pada penyisipan 50 sampai 500Kbit tampak pada Gambar 4.21 nilai yang dihasilkan hanya terpaut beberapa angka dibelakang koma. Akan tetapi

pada metode yang diusulkan (Alattar, 2014) nilai dari *KL divergence* pada citra medis tampak tidak berubah secara signifikan. Hal ini dikarenakan histogram yang dihasilkan oleh metode (Alattar, 2014) memiliki jumlah *pixel* yang hampir sama pada tiap *pixel*, sedangkan pada metode yang diusulkan ada beberapa *pixel* yang memiliki jumlah lebih dominan dibanding nilai *pixel* sebelumnya.

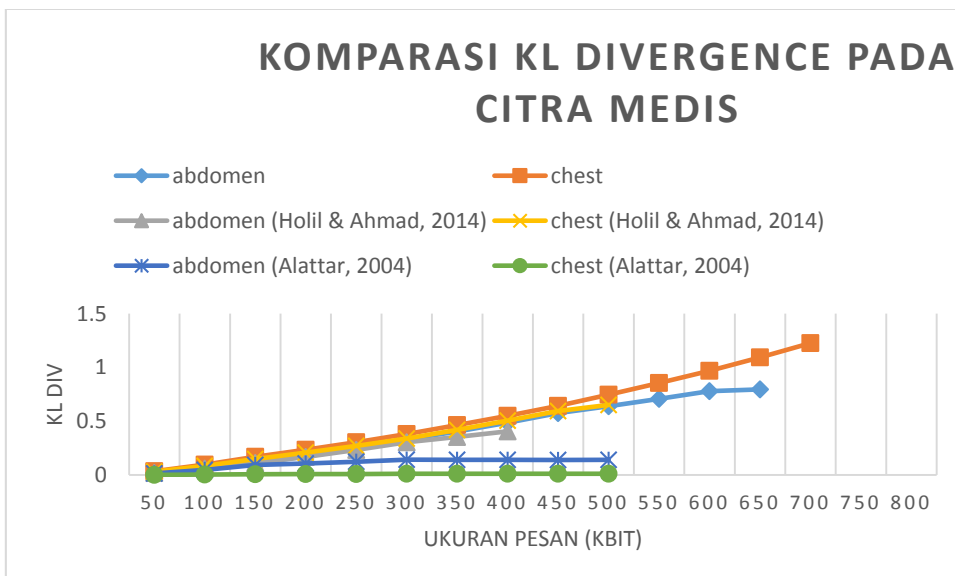
Pengujian keamanan yang lain adalah dengan menggunakan Chi Square Attack. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai histogram sebuah *pixel* dengan nilai histogram disebaliknya jika perbedaan diantara histogram *pixel* tersebut kecil dapat diprediksikan bahwa pada citra tersebut tidak dilakukan penyisipan, sebaliknya jika arak antara kedua histogram tersebut besar ada kemungkinan sebuah citra telah dilakukan penyisipan.



Gambar 4. 19 Grafik perbandingan nilai *KL divergence* pada citra *greyscale*



Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan *KL divergence* pada Citra Berwarna RGB



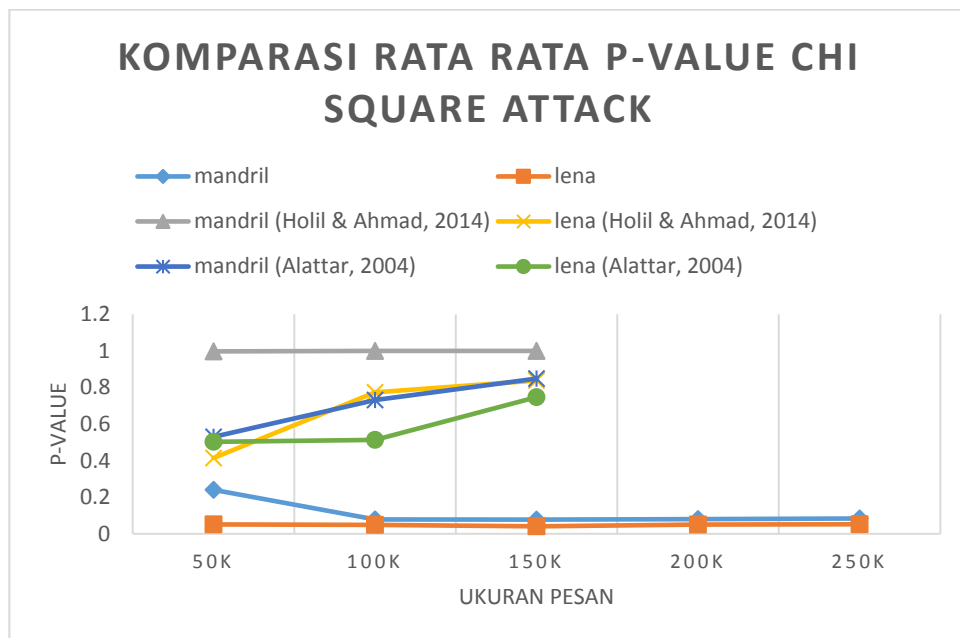
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan *KL divergence* Pada Citra Medis

Pada Gambar 4.22 dapat terlihat rata rata P-value yang dihasilkan setelah dilakukan penyisipan dari 50Kbit sampai dengan 300 Kbit pada citra *greyscale*. Kemungkinan suatu citra telah dilakukan penyisipan adalah ketika P-value dari



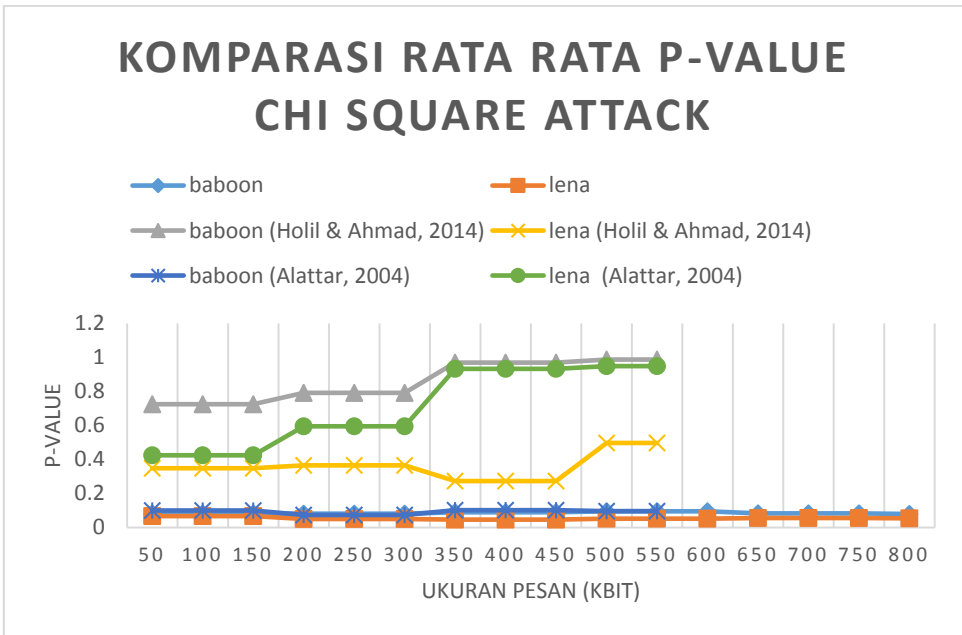
citra tersebut mendekati angka 1. Pada metode yang diusulkan tidak tampak terdapat rata rata P-value yang melebihi angka 0,5. Sedangkan pada metode sebelumnya hanya pada citra lena dengan penyisipan 50Kbit saja yang tidak melebihi 0,5.

Pada citra berwarna RGB perbandingan P-valuenya dapat dilihat pada Gambar 4.23. P-value pada metode yang diusulkan selalu mendekati 0 pada setiap ukuran penyisipan. Hanya pada metode (Alattar, 2014) pada citra baboon yang dapat mengimbangi nilai tersebut. Selain itu pada metode yang diusulkan (Holil & Ahmad, 2014) dengan citra mandril keseluruhan nilainya berada diatas 0,5.



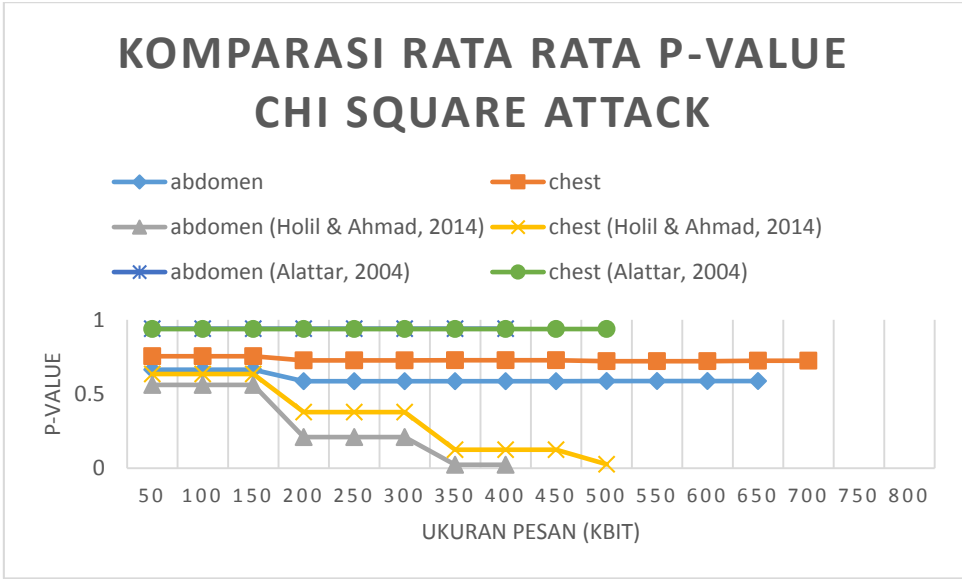
Gambar 4. 22. Komparasi rata rata P-value Chi Square Attack pada Citra *Greyscale*

Pada citra medis seperti terlihat pada gambar 4.24, metode yang diusulkan memiliki nilai Chi Square yang kurang baik bila dibandingkan dua metode sebelumnya. Metode (Alattar, 2014) terlihat selalu mendekati nilai 1 sedangkan (Holil & Ahmad, 2014) semakin membaik seiring dengan besarnya pesan yang disisipkan. Hal ini dikarenakan model histogram dari citra medis yang memiliki nilai besar pada ujung kiri dan kanan, dan senantiasa konstan pada sisi tengah sehingga ketika ada penyisipan dengan metode yang diusulkan akan terjadi pergerakan histogram kearah mendekati tengah sehingga membuat nilai P-value yang kurang baik.

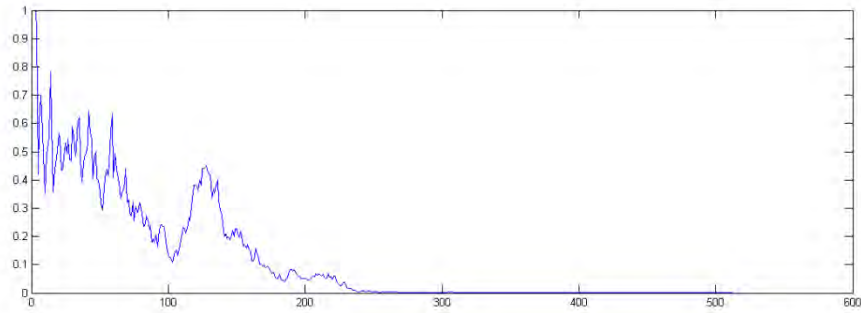


Gambar 4. 23 Komparasi rata rata P-value pada Citra Berwarna RGB

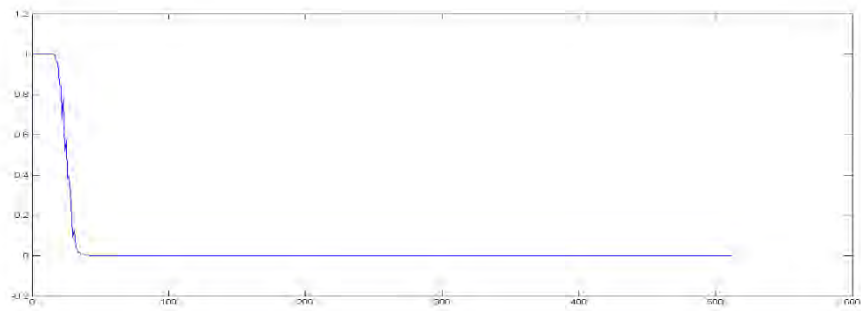
Pada gambar 4.25 merupakan grafik perubahan P-value pada Chi Square Attack pada tiap baris citra Lena *greyscale* yang belum dilakukan penyisipan. Tampak pada gambar tersebut tidak ada nilai yang melebihi 0,5. Setelah dilakukan penyisipan seperti pada gambar 4.25 terlihat ada beberapa baris yang dicurigai telah dilakukan penyisipan oleh metode yang diusulkan, ditandai dengan tingginya P-value pada beberapa baris pertama



Gambar 4. 24. Grafik Perbandingan Chi Square pada Citra Medis

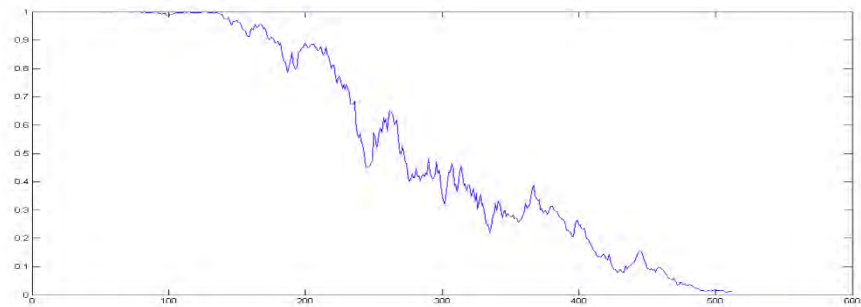


Gambar 4. 25. Grafik P-value pada citra Lena *Greyscale*

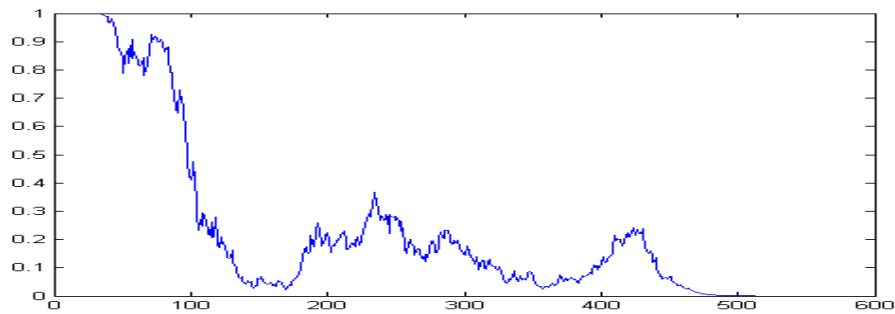


Gambar 4. 26. Grafik P-value pada citra Lena dengan penyisipan 100Kbit pada metode usulan

P-value yang dihasilkan oleh penyisipan 100Kbit pada dua metode sebelumnya dapat dilihat pada gambar 4.27 dan 4.28. Terlihat perbedaan yang mencolok terdapat banyak baris yang mendekati angka P-values 1.



Gambar 4. 27. Grafik P-value pada penyisipan 100Kbit dengan metode yang diusulkan (Holil & Ahmad, 2014)



Gambar 4. 28. Grafik P-value pada penyisipan 100Kbit dengan metode yang diusulkan (Alattar, 2014)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan hasil kualitas media hasil penyembunyian data dengan metode DE dengan penggunaan fungsi modulo dapat lebih baik dibandingkan metode DE yang diusulkan oleh (Alattar, 2004) dan (Holil & Ahmad, 2014) pada citra test standar dan kualitasnya agak menurun sedikit pada citra medis dilihat dari hasil PSNR,,SSIM, dan UQI. Hal tersebut dikarenakan kecilnya perubahan nilai *pixel* pada *cover media*, perubahan yang terjadi hanya diantara +2 dan -2 sedangkan pada metode sebelumnya perubahan nilai pixel minimalnya adalah dua kali nilai perbedaan. Kualitas yang agak menurun pada citra medis diakibatkan dari karakteristik dari citra medis sendiri dimana gambar didominasi oleh warna hitam dan putih sehingga tiap blok akan memiliki kecenderungan nilai yang sama sehingga kemungkinan perubahan maksimal tidak dapat dihindari.

Pada hasil pengujian keamanan dari media yang dihasilkan diukur dengan *KL divergence* dan *Chi-Square Attact* terlihat bahwa pada pengujian dengan citra test standar metode yang diusulkan mampu memberikan keamanan yang lebih baik dibandingkan kedua metode yang telah diusulkan sebelumnya, sedangkan pada citra medis keamanannya tidak begitu baik dikarenakan *histogram* dari citra medis hasil penyisipan terdapat beberapa *pixel* yang menghasilkan nilai nilai yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *histogram* ketika citra tersebut disisipkan sehingga ketika diukur dengan *KL divergence* dan *Chi-Square Attact* yang berbasis pada *histogram* menghasilkan nilai yang kurang baik.

## LAMPIRAN

Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 3x3 dan citra *greyscale*

Citra	PSNR (DB)							Kapasitas
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max	
mandril_gray	53,0676	50,0305	48,2755	46,9742	46,03	45,2364	44,8809	323680
pirate	52,9161	49,9116	48,1734	46,9724	45,9272	45,1650	44,9000	323680
cameramen	52,8213	49,8906	48,0886	46,8427	45,7846	45,0463	44,9159	323680
peppers	52,513	49,6194	47,8529	46,6266	45,6347	44,8454	44,8214	323680
jetplane	53,0201	49,9686	48,19	46,9715	45,9958	45,2147	44,9847	323680
lena	52,9299	49,9725	48,2184	46,9672	46,0097	45,1918	44,9386	323680

Citra	SSIM						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,9999	0,9998	0,9996	0,9994	0,9991	0,9989	0,9988
pirate	0,9997	0,9994	0,999	0,9987	0,9984	0,9980	0,9979
cameramen	0,999	0,9982	0,9973	0,9966	0,9961	0,9957	0,996
peppers	0,9995	0,9991	0,9986	0,9981	0,9975	0,9970	0,9972
jetplane	0,9995	0,9988	0,9983	0,9981	0,9978	0,9973	0,9972
lena	0,9993	0,9988	0,9983	0,998	0,9975	0,9971	0,9971

Citra	UQI						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,9996	0,9988	0,9966	0,9949	0,9929	0,9911	0,9904
pirate	0,9968	0,9919	0,9871	0,9782	0,9728	0,9652	0,9631
cameramen	0,9645	0,932	0,8935	0,8612	0,8357	0,8276	0,8333
peppers	0,9939	0,9876	0,9821	0,9761	0,9710	0,9649	0,9662
jetplane	0,9946	0,9851	0,9751	0,9673	0,9610	0,9520	0,9505
lena	0,9873	0,9802	0,9717	0,9652	0,9575	0,9506	0,9489

Citra	KL DIV						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	24,2629	48,8165	60,6084	48,5489	97,7765	96,6934	98,0882
pirate	8,4355	7,6736	7,1841	18,9105	31,1538	67,6353	114,9341
cameramen	0,0041	0,0124	0,0209	0,0348	0,0469	0,062	0,0696
peppers	625,7665	601,5088	548,6326	520,9024	499,6255	480,0639	473,7651
jetplane	248,3097	236,2443	280,5033	279,566	247,433	266,4213	262,7468
lena	0,0032	12,4857	11,1088	60,1105	22,4314	46,6713	82,6163

Citra	P-value Chi Square						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,02105	0,015149	0,021672	0,018073	0,25287	0,346743	0,3237
pirate	0,015844	0,018531	0,014821	0,471954	0,479514	0,48044	0,47149
cameramen	0,019152	0,018312	0,017182	0,016849	0,376181	0,377535	0,393514
peppers	0,818056	0,782498	0,788105	0,788329	0,794659	0,796044	0,80053
jetplane	0,769125	0,623944	0,444703	0,450663	0,447439	0,449583	0,449279
lena	0,018519	0,018595	0,018644	0,016972	0,227929	0,357694	0,331684

Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 4x4 dan citra *greyscale*

Citra	PSNR							Kapasitas
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	Max	
mandril_gray	54,8033	51,8526	50,0373	48,8051	47,8131	47,0113	46,4331	344064
pirate	54,6667	51,7412	49,9354	48,6916	47,7443	46,9551	46,3901	344064
cameramen	54,582	51,7073	49,8518	48,6248	47,6026	46,8549	46,4661	344064
peppers	54,3229	51,3289	49,5907	48,3737	47,3531	46,6265	46,3646	344064
jetplane	54,7381	51,703	49,9621	48,6771	47,703	46,9153	46,5452	344064
lena	54,747	51,797	49,9749	48,6721	47,7398	46,9612	46,4799	344064

Citra	SSIM						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	Max
mandril_gray	1,0000	0,9999	0,9997	0,9996	0,9994	0,9992	0,9992
pirate	0,9998	0,9996	0,9993	0,9991	0,9988	0,9986	0,9984
cameramen	0,9993	0,9987	0,9981	0,9975	0,9972	0,9969	0,9969
peppers	0,9997	0,9993	0,999	0,9986	0,9982	0,9978	0,9977
jetplane	0,9997	0,9992	0,9988	0,9986	0,9984	0,9981	0,9979
lena	0,9995	0,9992	0,9988	0,9985	0,9982	0,9980	0,9978

Citra	UQI						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,9997	0,9993	0,9978	0,9966	0,9954	0,9939	0,9931
pirate	0,9978	0,9945	0,9911	0,985	0,9798	0,975	0,9717
cameramen	0,9744	0,9507	0,9213	0,8939	0,8762	0,8641	0,8671
peppers	0,9959	0,9911	0,9875	0,9834	0,9801	0,9755	0,9754
jetplane	0,9964	0,9899	0,9822	0,9763	0,9719	0,9659	0,9631
lena	0,9911	0,986	0,98	0,9753	0,9696	0,9654	0,9627

Citra	KL DIV						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	37,4308	61,6929	36,7423	86,6524	98,4406	49,2323	72,8041
pirate	9,0764	8,3224	20,2723	19,6236	56,7582	31,6014	79,5815
cameramen	0,0012	0,0041	0,0069	0,0114	0,0163	0,0216	0,026
peppers	636,0065	562,3416	567,2348	539,3123	516,5785	488,2118	473,4006
jetplane	249,0729	237,1369	272,8327	258,1188	273,2091	241,7523	275,2383
lena	24,2611	12,4796	24,9594	85,5543	72,3894	58,9369	46,7537

Citra	Rata rata P-values Chi Square Attack						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,281998	0,048001	0,049234	0,053784	0,043723	0,058555	0,048116
pirate	0,048504	0,038028	0,031313	0,042136	0,044889	0,034695	0,032622
cameramen	0,043017	0,04964	0,036728	0,042005	0,044237	0,04538	0,042979
peppers	0,814099	0,716286	0,721341	0,729836	0,726454	0,734972	0,724894
jetplane	0,78504	0,625276	0,445226	0,281062	0,091085	0,032445	0,108403
lena	0,03661	0,037567	0,037649	0,037364	0,033027	0,040037	0,040083

Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 5x5 dan citra *greyscale*

Citra	PSNR							Kapasitas
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	Max	
mandril_gray	55,8782	52,8477	51,1096	49,8383	48,8695	48,0731	47,4171	349580
pirate	55,7055	52,7449	50,893	49,7005	48,7367	47,9713	47,4825	349580
cameramen	55,5055	52,5839	50,8182	49,5389	48,5457	47,7448	47,4665	349580
peppers	55,2569	52,2305	50,5174	49,2651	48,3273	47,5181	47,4768	349580
jetplane	55,8529	52,7009	50,8828	49,6718	48,7171	47,9385	47,497	349580
lena	55,6154	52,7165	50,9369	49,6945	48,7604	47,912	47,4558	349580

Citra	SSIM						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	Max
mandril_gray	1	0,9999	0,9998	0,9996	0,9995	0,9994	0,9993
pirate	0,9999	0,9997	0,9994	0,9992	0,999	0,9988	0,9987
cameramen	0,9994	0,9989	0,9984	0,9979	0,9976	0,9973	0,9974
peppers	0,9997	0,9994	0,9991	0,9988	0,9985	0,9981	0,9981
jetplane	0,9997	0,9993	0,9989	0,9988	0,9986	0,9984	0,9982
lena	0,9996	0,9993	0,999	0,9987	0,9985	0,9983	0,9981

Citra	UQI						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	Max
mandril_gray	0,9998	0,9995	0,9982	0,9973	0,9964	0,9951	0,9945
pirate	0,9983	0,9956	0,9925	0,9881	0,9827	0,9796	0,9764
cameramen	0,9786	0,9579	0,9339	0,9092	0,8939	0,8804	0,8874
peppers	0,9966	0,9926	0,9898	0,9863	0,9835	0,9797	0,9805
jetplane	0,9972	0,9919	0,985	0,9804	0,9765	0,9722	0,9694
lena	0,9924	0,9884	0,9836	0,9797	0,975	0,9713	0,9692

Citra	KL DIV						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	24,2606	49,9079	37,4325	37,4341	99,126	35,6462	36,0544
pirate	9,8385	8,5881	20,901	7,7544	19,7068	44,582	29,977
cameramen	0,0006	0,0018	0,0031	0,0053	0,0077	0,0108	0,0135
peppers	607,8455	577,7278	559,8453	528,5521	509,0525	501,404	485,8579
jetplane	248,9919	225,7792	262,9383	282,4108	249,5586	243,0277	248,7714
lena	0,0005	24,2614	36,0465	84,5681	46,9171	48,3062	22,5673

Citra	Rata rata P-value Chi Square Attack						
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	max
mandril_gray	0,904183	0,140101	0,092352	0,089304	0,111672	0,137372	0,108007
pirate	0,059636	0,060671	0,066644	0,050822	0,063563	0,06013	0,069179
cameramen	0,082619	0,068095	0,083246	0,083727	0,073636	0,071381	0,072531
peppers	0,811476	0,702616	0,695881	0,692989	0,700096	0,693633	0,682597
jetplane	0,788219	0,636327	0,461877	0,28684	0,081066	0,039562	0,040981
lena	0,090286	0,058978	0,040686	0,05911	0,043396	0,06229	0,048293

Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 6x6 dan citra *greyscale*

Citra	PSNR								Kapasitas
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	350k	max	
mandril_gray	56,6	53,53	51,69	50,46	49,52	48,75	48,07	48,01	354025
pirate	56,42	53,33	51,63	50,41	49,44	48,63	47,97	48,06	354025
cameramen	56,31	53,31	51,45	50,2	49,28	48,47	47,85	48,11	354025
peppers	55,86	52,95	51,2	49,92	48,99	48,17	47,51	48,15	354025
jetplane	56,43	53,35	51,55	50,28	49,35	48,6	47,89	48,07	354025
lena	56,3	53,41	51,63	50,43	49,43	48,7	47,94	48,05	354025

Citra	SSIM							
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	350k	Max
mandril_gray	1	0,9999	0,9998	0,9997	0,9996	0,9995	0,9994	0,9994
pirate	0,9999	0,9997	0,9995	0,9993	0,9992	0,999	0,9988	0,9989
cameramen	0,9995	0,999	0,9986	0,9981	0,9979	0,9976	0,9976	0,9977
peppers	0,9997	0,9995	0,9992	0,9990	0,9986	0,9983	0,9981	0,9983
jetplane	0,9998	0,9994	0,9991	0,9990	0,9988	0,9986	0,9983	0,9984
lena	0,9996	0,9994	0,9991	0,9989	0,9987	0,9985	0,9983	0,9984

Citra	UQI							
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	350k	Max
mandril_gray	0,9998	0,9996	0,9985	0,9977	0,9969	0,9958	0,9952	0,9951
pirate	0,9986	0,9962	0,9938	0,9898	0,9848	0,9822	0,9782	0,9789
cameramen	0,9815	0,9634	0,9415	0,9196	0,9069	0,8946	0,8942	0,9005
peppers	0,997	0,9938	0,9912	0,9882	0,986	0,9826	0,9802	0,9833
jetplane	0,9975	0,9932	0,9870	0,9828	0,9795	0,9758	0,9708	0,9728
lena	0,9934	0,9900	0,9857	0,9825	0,9784	0,9757	0,9717	0,9727

Citra	KL DIV							
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	350k	max
mandril_gray	23,8548	62,384	62,3845	49,2157	74,1698	60,3084	74,1724	24,2656
pirate	10,6860	9,0789	21,1103	20,6348	44,9627	82,3882	92,884	104,6215
cameramen	0,0003	0,0011	0,0017	0,003	0,0054	0,0066	0,0083	0,0081
peppers	612,1145	592,8715	562,1169	529,1081	509,8695	493,9498	475,663	473,4966
jetplane	249,3448	239,2619	263,7761	296,5714	250,3328	280,5952	262,5696	274,9621
lena	12,4769	0,0009	11,3798	60,9994	35,8239	84,8563	46,5804	109,4054

Citra	Rata rata P-value Chi Square Attack							
	50k	100k	150k	200k	250k	300k	350k	max
mandril_gray	0,997087	0,593657	0,180061	0,202285	0,178032	0,187074	0,17032	0,218504
pirate	0,082028	0,069491	0,081907	0,061932	0,07506	0,086184	0,075291	0,073433
cameramen	0,090789	0,101757	0,100663	0,084205	0,091019	0,101136	0,097447	0,110247
peppers	0,814218	0,698677	0,672782	0,672342	0,675573	0,68718	0,686549	0,681318
jetplane	0,807201	0,647836	0,465435	0,298774	0,102952	0,049155	0,037243	0,041756
lena	0,113111	0,051285	0,072017	0,062789	0,07387	0,071848	0,057278	0,073434



Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 3x3 dan citra RGB

Ukuran Pesan	PSNR											
	baboon	lena	paper	plane	tifany	lake	abdo men	chest	chest 2	hand	leg	leg2
50	57,84	57,61	57,88	57,66	57,66	57,78	57,7	58,38	57,91	55,69	54,56	54,5
100	54,85	54,68	54,82	54,66	54,71	54,78	54,69	55,37	54,9	52,69	51,55	51,49
150	53,07	52,95	53,09	52,9	52,97	52,94	52,93	53,61	53,14	50,93	49,79	49,73
200	51,81	51,69	51,81	51,67	51,31	51,74	51,46	52,32	51,68	49,72	48,70	48,55
250	50,82	50,74	50,86	50,69	50,38	50,75	50,37	51,32	50,59	48,78	47,82	47,62
300	50,03	49,96	50,06	49,89	49,64	49,95	49,5	50,51	49,72	48,01	47,10	46,86
350	49,36	49,29	49,39	49,21	48,79	49,28	48,86	49,81	48,98	47,38	46,49	46,21
400	48,78	48,71	48,82	48,62	48,22	48,7	48,3	49,22	48,35	46,82	45,96	45,64
450	48,26	48,2	48,33	48,11	47,74	48,2	47,81	48,69	47,8	46,33	45,48	45,14
500	47,82	47,73	47,86	47,66	47,09	47,75	47,37	48,25	47,34	45,9	45,07	44,98
550	47,41	47,31	47,44	47,28	46,72	47,33	46,96	47,84	46,92	45,51	44,69	
600	47,03	46,93	47,06	46,89	46,40	46,96	46,59	47,47	46,54	45,16	44,35	
650	46,65	46,59	46,72	46,57	45,88	46,62	46,23	47,12	46,18	44,96	43,99	
700	46,34	46,28	46,41	46,23	45,59	46,31	45,89	46,79	45,86		43,66	
750	46,04	45,99	46,12	45,95	45,33	46,02	45,57	46,49	45,55		43,35	
800	45,77	45,7	45,83	45,66	44,95	45,73		46,24	45,39			
850	45,51	45,43	45,58	45,39	44,72	45,48		46,01	45,24			
900	45,26	45,19	45,34	45,15	44,51	45,23		45,79				
950	45,15	45,08	45,22	45,04	44,37	45,11						
1000												
1050												
MA X	45,04	44,97	45,12	44,92	44,26	44,99	45,55	45,80	45,11	44,63	43,32	44,68
capacity	9710 40	9710 40	9710 40	9710 40	9710 40	9710 40	7541 94	8790 81	8379 84	6718 32	7585 62	5069 40

Ukuran Pesar	SSIM											
	babon	lena	pape r	plane	tifan y	lake	abdo men	chest	chest 2	hand	leg	leg2
50	1	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9987	0,9981	0,9988	0,9996	0,9995	0,9995
100	1	0,9996	0,9997	0,9996	0,9997	0,9997	0,9974	0,9962	0,9976	0,9991	0,9989	0,9999
150	0,9999	0,9994	0,9995	0,9993	0,9994	0,9995	0,9961	0,9943	0,9964	0,9987	0,9984	0,9985
200	0,9999	0,9991	0,9994	0,9999	0,9991	0,9994	0,9942	0,9924	0,9962	0,9983	0,9979	0,9998
250	0,9999	0,9999	0,9992	0,9987	0,9989	0,9993	0,9922	0,9904	0,9961	0,9979	0,9973	0,9975
300	0,9998	0,9988	0,9999	0,9984	0,9987	0,9991	0,9903	0,9885	0,9906	0,9974	0,9968	0,9997
350	0,9998	0,9987	0,9989	0,9982	0,9984	0,9999	0,9884	0,9867	0,9958	0,9972	0,9964	0,9966
400	0,9997	0,9985	0,9987	0,9988	0,9982	0,9988	0,9863	0,9848	0,9956	0,9969	0,9996	0,9962
450	0,9996	0,9983	0,9986	0,9978	0,9988	0,9987	0,9843	0,9803	0,9955	0,9966	0,9955	0,9959
500	0,9995	0,9982	0,9984	0,9977	0,9976	0,9986	0,9827	0,9812	0,9953	0,9963	0,9951	0,9958
550	0,9995	0,9981	0,9983	0,9976	0,9975	0,9985	0,9809	0,9792	0,9952	0,9966	0,9946	
600	0,9994	0,9988	0,9981	0,9975	0,9973	0,9984	0,9793	0,9773	0,9951	0,9956	0,9942	
650	0,9993	0,9978	0,9979	0,9974	0,9969	0,9983	0,9781	0,9751	0,9943	0,9954	0,9937	
700	0,9992	0,9977	0,9977	0,9972	0,9967	0,9982	0,9768	0,9729	0,9936		0,9931	
750	0,9992	0,9975	0,9975	0,9971	0,9965	0,9981	0,9756	0,9707	0,9929		0,9926	
800	0,9991	0,9974	0,9973	0,9969	0,9962	0,998		0,9689	0,9924			
850	0,9990	0,9973	0,9971	0,9968	0,9966	0,9979		0,967	0,9918			
900	0,9990	0,9971	0,9968	0,9966	0,9958	0,9977		0,9651				
950	0,9990	0,9971	0,9967	0,9965	0,9957	0,9976						
1000												
1050												
max	0,9998	0,9997	0,9996	0,9994	0,9995	0,9996	0,9975	0,9965	0,9913	0,9951	0,9926	0,9955

Ukuran Pesan	UQI											
	baboon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdomen	ches t	ches t2	hand	leg	leg2
50	1,000 0	1,00 00	1,00 00	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,980 2	0,97 50	0,98 34	1,00 00	0,96 63	0,97 92
100	1,000 0	1,00 00	0,99 96	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,960 4	0,95 00	0,96 68	1,00 00	0,93 26	0,95 84
150	1,000 0	1,00 00	0,99 93	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,940 6	0,92 51	0,95 02	1,00 00	0,89 89	0,93 76
200	1,000 0	1,00 00	0,99 93	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,920 0	0,90 25	0,95 02	1,00 00	0,86 83	0,91 75
250	1,000 0	1,00 00	0,99 88	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,899 5	0,88 00	0,95 02	1,00 00	0,83 78	0,89 73
300	1,000 0	1,00 00	0,99 83	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,878 9	0,85 74	0,95 02	1,00 00	0,80 72	0,87 72
350	1,000 0	1,00 00	0,99 83	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,855 8	0,83 76	0,95 02	1,00 00	0,78 29	0,85 89
400	1,000 0	1,00 00	1,00 15	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,832 7	0,81 77	0,95 02	1,00 00	0,75 87	0,84 07
450	1,000 0	1,00 00	1,00 15	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,809 6	0,79 79	0,95 02	1,00 00	0,73 44	0,82 24
500	1,000 0	1,00 00	1,00 15	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,790 0	0,77 42	0,94 93	1,00 00	0,70 13	0,81 68
550	1,000 0	1,00 00	0,99 80	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,770 4	0,75 05	0,94 84	1,00 00	0,66 82	
600	1,000 0	1,00 00	0,99 72	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,750 8	0,72 69	0,94 75	1,00 00	0,63 51	
650	1,000 0	1,00 00	0,99 72	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,737 6	0,70 20	0,94 03	1,00 00	0,59 56	
700	1,000 0	1,00 00	0,99 71	1,00 00	1,00 00	1,00 00	0,724 3	0,67 71	0,93 32		0,55 61	
750	0,999 9	1,00 00	0,99 69	1,00 00	1,00 00	1,00 04	0,711 1	0,65 22	0,92 60		0,51 66	
800	0,999 9	1,00 00	0,99 69	1,00 00	1,00 00	1,00 04		0,63 13	0,91 99			
850	0,999 9	1,00 00	0,99 29	1,00 00	1,00 00	1,00 04		0,61 04	0,91 37			
900	1,000 0	1,00 00	0,99 16	1,00 00	1,00 00	1,00 01		0,58 95				
950	1,000 0	1,00 00	0,99 16	1,00 00	1,00 00	1,00 01						
1000												
1050												
max	1,000 0	1,00 00	0,99 19	1,00 00	1,00 00	1,00 01	0,712 4	0,58 95	0,90 85	1,00 00	0,52 26	0,80 69

Ukuran Pesan	KL DIV											
	babon	lena	pape r	plane	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	0,0003	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004	0,0008	0,0145	0,0269	0,0183	0,0013	0,0176	23,5401
100	0,0010	13,5765	0,0013	0,0014	9,7693	0,0017	0,0451	0,0740	0,0530	0,0048	0,0572	22,1586
150	0,0024	13,5778	0,0026	0,0029	9,7704	0,0031	0,0850	0,1313	0,0973	0,0105	0,1115	21,3554
200	0,0039	13,5797	0,0042	0,0051	9,7723	0,0045	0,1313	0,1837	0,0985	0,0131	0,1571	21,4187
250	0,0056	12,8882	0,0067	0,0078	9,1739	0,0062	0,1871	0,2404	0,1005	0,0181	0,2087	21,5411
300	0,0078	12,8905	0,0098	0,0111	9,1763	0,0086	0,2520	0,3011	0,1033	0,0247	0,2661	21,7437
350	0,0102	12,8939	0,0122	0,0135	9,1799	0,0109	0,3098	0,3589	0,1071	0,0331	0,3147	21,5640
400	0,0130	11,6436	0,0164	0,0164	22,3604	0,0142	0,3721	0,4197	0,1115	0,0436	0,3678	21,4623
450	0,0161	11,6469	0,0212	0,0293	22,3638	0,0181	0,4388	0,4834	0,1166	12,1658	0,4250	21,4175
500	0,0196	11,6506	0,0242	0,0220	22,3688	0,0216	0,5002	0,5575	0,1248	12,1804	0,4880	21,4902
550	0,0233	10,7095	0,0292	13,6011	35,5696	0,0251	0,5654	0,6350	0,1336	12,1971	0,5574	
600	0,0272	10,7137	0,0346	13,6045	35,5738	0,0293	0,6344	0,7157	0,1431	24,3256	0,6334	
650	0,0317	10,7183	0,0385	13,6081	35,5808	0,0329	0,6861	0,8033	0,1664	25,4294	0,7297	
700	0,0363	10,3548	13,6217	13,6126	62,5608	0,0373	0,7406	0,8947	0,1916		0,8352	
750	0,0413	10,3596	13,6292	13,6169	62,5662	0,0416	0,7982	0,9900	0,2187		0,9511	
800	0,0459	10,3648	13,6344	13,6214	62,5730	0,0463		1,0792	0,2461			
850	0,0511	22,7264	0,0719	0,0515	48,8666	0,0517		1,1718	0,2754			
900	0,0570	22,7322	0,0845	0,0563	48,8724	0,0568		1,2681				
950	0,0592	22,7355	0,0869	0,0590	48,8764	0,0590						
1000												
1050												
max	0,0622	22,1470	0,0935	12,9449	48,7268	0,0620	0,8023	1,2725	0,3069	12,2317	0,9698	21,2850

Ukuran Pesan	Rata rata P-value Chi Square											
	babon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdo men	chest	chest 2	hand	leg	leg2
50	0,01 856	0,01 550	0,01 708	0,01 978	0,02 218	0,01 739	0,708 26	0,78 632	0,09 008	0,02 250	0,82 953	0,01 950
100	0,01 856	0,01 550	0,01 708	0,01 978	0,02 218	0,01 739	0,708 26	0,78 632	0,09 008	0,02 250	0,82 953	0,01 950
150	0,01 856	0,01 550	0,01 708	0,01 978	0,02 218	0,01 739	0,708 26	0,78 632	0,09 008	0,02 250	0,82 953	0,01 950
200	0,01 628	0,01 276	0,01 638	0,01 675	0,02 019	0,01 866	0,668 13	0,75 752	0,11 731	0,01 776	0,82 947	0,02 245
250	0,01 628	0,01 276	0,01 638	0,01 675	0,02 019	0,01 866	0,668 13	0,75 752	0,11 731	0,01 776	0,82 947	0,02 245
300	0,01 628	0,01 276	0,01 638	0,01 675	0,02 019	0,01 866	0,668 13	0,75 752	0,11 731	0,01 776	0,82 947	0,02 245
350	0,01 752	0,01 400	0,01 982	0,01 830	0,02 342	0,01 991	0,667 38	0,76 299	0,25 699	0,01 868	0,83 267	0,02 319
400	0,01 752	0,01 400	0,01 982	0,01 830	0,02 342	0,01 991	0,667 38	0,76 299	0,25 699	0,01 868	0,83 267	0,02 319
450	0,01 752	0,01 400	0,01 982	0,01 830	0,02 342	0,01 991	0,667 38	0,76 299	0,25 699	0,01 868	0,83 267	0,02 319
500	0,01 921	0,01 463	0,01 691	0,02 029	0,26 250	0,01 519	0,660 10	0,75 038	0,47 709	0,02 070	0,82 877	0,13 000
550	0,01 921	0,01 463	0,01 691	0,02 029	0,26 250	0,01 519	0,660 10	0,75 038	0,47 709	0,02 070	0,82 877	
600	0,01 921	0,01 463	0,01 691	0,02 029	0,26 250	0,01 519	0,660 10	0,75 038	0,47 709	0,02 070	0,82 877	
650	0,27 795	0,34 002	0,22 392	0,38 441	0,45 636	0,31 968	0,665 65	0,75 964	0,47 556	0,11 859	0,83 097	
700	0,27 795	0,34 002	0,22 392	0,38 441	0,45 636	0,31 968	0,665 65	0,75 964	0,47 556		0,83 097	
750	0,27 795	0,34 002	0,22 392	0,38 441	0,45 636	0,31 968	0,665 65	0,75 964	0,47 556		0,83 097	
800	0,34 189	0,35 575	0,34 556	0,38 708	0,44 664	0,33 885		0,75 738	0,49 292		0,82 898	
850	0,34 189	0,35 575	0,34 556	0,38 708	0,44 664	0,33 885		0,75 738	0,49 292			
900	0,34 189	0,35 575	0,34 556	0,38 708	0,44 664	0,33 885		0,75 738				
950	0,35 401	0,39 009	0,35 013	0,38 393	0,44 973	0,34 721						
1000												
1050												
max	0,35 401	0,39 009	0,35 013	0,38 393	0,44 973	0,34 721	0,670 91	0,75 853	0,51 061	0,12 448	0,82 841	0,06 204

### Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 4x4 dan citra RGB

Ukuran Pesan	PSNR											
	babon	lena	pape r	plane	tifan y	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	59.55	59.47	59.51	59.58	59.44	59.62	59.01	59.53	59.34	57.59	56.86	56.30
100	56.55	56.43	56.59	56.55	56.53	56.61	55.99	56.60	56.31	54.59	53.88	53.30
150	54.78	54.74	54.75	54.73	54.75	54.80	54.20	54.81	54.51	52.89	52.10	51.61
200	53.58	53.51	53.56	53.45	53.40	53.54	52.88	53.53	53.12	51.60	50.96	50.36
250	52.63	52.51	52.56	52.49	52.43	52.55	51.83	52.54	52.13	50.65	50.06	49.41
300	51.82	51.72	51.81	51.69	51.62	51.74	51.01	51.75	51.29	49.83	49.28	48.60
350	51.15	51.04	51.11	51.02	50.94	51.10	50.32	51.07	50.54	49.16	48.69	47.97
400	50.52	50.49	50.58	50.44	50.41	50.49	49.70	50.47	49.96	48.65	48.12	47.40
450	50.06	49.94	50.06	49.93	49.88	49.98	49.20	49.95	49.43	48.14	47.64	46.93
500	49.61	49.54	49.59	49.49	49.36	49.55	48.73	49.49	49.01	47.71	47.22	46.69
550	49.15	49.09	49.16	49.09	48.96	49.12	48.30	49.06	48.60	47.31	46.83	
600	48.82	48.71	48.82	48.67	48.57	48.75	47.98	48.71	48.20	46.97	46.47	
650	48.44	48.37	48.45	48.38	48.18	48.40	47.60	48.37	47.83	46.68	46.12	
700	48.14	48.04	48.13	48.02	47.89	48.08	47.27	48.05	47.52	46.44	45.81	
750	47.82	47.74	47.84	47.71	47.59	47.78	46.98	47.74	47.23		45.51	
800	47.57	47.47	47.57	47.47	47.28	47.50		47.46	46.96		45.39	
850	47.28	47.22	47.31	47.19	47.03	47.27		47.18	46.74			
900	47.03	46.99	47.06	46.97	46.77	47.00		46.94				
950	46.83	46.73	46.82	46.73	46.56	46.80						
1000	46.63	46.55	46.67	46.55	46.37	46.60						
1050												
MAX	46.43	46.37	46.46	46.33	46.18	46.42	46.76	46.80	46.53	46.18	45.20	46.27
capacity	1032192	1032192	1032192	1032192	1032192	1032192	786240	927360	885843	708876	803250	529200

Ukuran Pesan	SSIM											
	babon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdo men	ches t	ches t2	hand	leg	leg2
50	1.0000	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9988	0.9981	0.9987	0.9997	0.9995	0.9997
100	1.0000	0.9997	0.9998	0.9997	0.9998	0.9998	0.9975	0.9962	0.9974	0.9994	0.9991	0.9993
150	1.0000	0.9995	0.9997	0.9995	0.9996	0.9997	0.9962	0.9943	0.9961	0.9990	0.9986	0.9990
200	0.9999	0.9994	0.9996	0.9993	0.9994	0.9996	0.9944	0.9922	0.9960	0.9988	0.9982	0.9986
250	0.9999	0.9993	0.9994	0.9991	0.9993	0.9995	0.9925	0.9900	0.9959	0.9984	0.9978	0.9981
300	0.9999	0.9992	0.9993	0.9989	0.9991	0.9994	0.9906	0.9879	0.9958	0.9981	0.9973	0.9977
350	0.9998	0.9990	0.9992	0.9987	0.9989	0.9993	0.9886	0.9862	0.9957	0.9979	0.9970	0.9975
400	0.9998	0.9989	0.9991	0.9986	0.9988	0.9992	0.9865	0.9843	0.9955	0.9977	0.9966	0.9971
450	0.9997	0.9988	0.9989	0.9984	0.9987	0.9990	0.9844	0.9826	0.9954	0.9975	0.9962	0.9969
500	0.9997	0.9987	0.9988	0.9983	0.9985	0.9990	0.9827	0.9807	0.9954	0.9973	0.9959	0.9968
550	0.9996	0.9986	0.9987	0.9982	0.9984	0.9989	0.9809	0.9786	0.9953	0.9970	0.9955	
600	0.9996	0.9985	0.9986	0.9982	0.9982	0.9988	0.9792	0.9766	0.9952	0.9968	0.9951	
650	0.9995	0.9984	0.9985	0.9981	0.9980	0.9988	0.9779	0.9745	0.9947	0.9966	0.9947	
700	0.9995	0.9983	0.9983	0.9980	0.9979	0.9987	0.9766	0.9722	0.9942	0.9963	0.9942	
750	0.9994	0.9982	0.9982	0.9979	0.9978	0.9987	0.9753	0.9700	0.9937		0.9938	
800	0.9994	0.9981	0.9981	0.9978	0.9975	0.9986		0.9677	0.9929		0.9937	
850	0.9993	0.9981	0.9978	0.9977	0.9974	0.9985		0.9654	0.9920			
900	0.9993	0.9980	0.9975	0.9976	0.9973	0.9984		0.9631				
950	0.9993	0.9979	0.9975	0.9974	0.9972	0.9983						
1000	0.9992	0.9978	0.9973	0.9973	0.9971	0.9982						
1050												
max	0.9992	0.9977	0.9972	0.9972	0.9970	0.9982	0.9746	0.9620	0.9912	0.9961	0.9934	0.9965

Ukuran Pesan	UQI											
	baboon	lena	paper	plane	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9812	0.9767	0.9834	1.0000	0.9669	0.9849
100	1.0000	1.0000	0.9997	1.0000	1.0000	1.0000	0.9624	0.9533	0.9668	1.0000	0.9339	0.9846
150	1.0000	1.0000	0.9994	1.0000	1.0000	1.0000	0.9436	0.9300	0.9501	1.0000	0.9010	0.9604
200	1.0000	1.0000	0.9994	1.0000	1.0000	1.0000	0.9238	0.9080	0.9501	1.0000	0.8745	0.9364
250	1.0004	1.0000	0.9987	1.0000	1.0000	1.0000	0.9037	0.8859	0.9505	1.0000	0.8495	0.9010
300	1.0000	1.0000	0.9983	1.0000	1.0000	1.0000	0.8840	0.8640	0.9502	1.0000	0.8220	0.8761
350	1.0000	1.0000	0.9983	1.0000	1.0000	1.0000	0.8628	0.8450	0.9502	1.0000	0.8029	0.8667
400	1.0000	1.0000	0.9971	1.0000	1.0000	1.0001	0.8403	0.8259	0.9502	1.0000	0.7744	0.8531
450	1.0000	1.0000	0.9973	1.0000	1.0000	1.0000	0.8182	0.8069	0.9502	1.0000	0.7471	0.8551
500	1.0000	1.0000	0.9982	1.0000	1.0000	1.0000	0.7985	0.7855	0.9498	1.0000	0.7219	0.8362
550	1.0000	1.0000	0.9970	1.0000	1.0000	1.0000	0.7769	0.7638	0.9495	1.0000	0.7035	
600	1.0000	1.0000	0.9969	1.0000	1.0000	1.0001	0.7589	0.7421	0.9493	1.0000	0.6743	
650	0.9999	1.0000	0.9975	1.0000	1.0000	1.0001	0.7464	0.7191	0.9434	1.0000	0.6288	
700	1.0000	1.0000	0.9942	1.0001	1.0000	1.0000	0.7321	0.6961	0.9388	1.0000	0.6057	
750	1.0000	1.0000	0.9960	1.0000	1.0000	1.0001	0.7243	0.6732	0.9336		0.5532	
800	1.0000	1.0000	0.9962	1.0000	1.0000	1.0001		0.6485	0.9254		0.5574	
850	1.0000	1.0000	0.9938	1.0000	1.0000	1.0000		0.6239	0.9163			
900	1.0000	1.0000	0.9934	1.0000	1.0000	0.9998		0.5993				
950	1.0000	1.0000	0.9935	1.0000	1.0000	1.0000						
1000	1.0000	1.0000	0.9920	1.0000	1.0000	1.0004						
1050												
max	1.0000	1.0000	0.9918	1.0000	1.0000	1.0000	0.7116	0.5895	0.9092	1.0000	0.5341	0.8259



Ukur an Pes an	KL Div											
	babo on	lena	paper	plane	tifan y	lake	abdo men	ches t	ches t2	hand	leg	leg2
50	0.00 01	0.000 3	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 3	0.014 2	0.02 65	0.01 98	0.000 5	0.01 61	23.20 26
100	0.00 03	13.57 56	12.88 26	0.000 5	22.79 38	0.000 6	0.043 0	0.07 27	0.05 65	0.002 0	0.05 20	21.74 96
150	0.00 08	0.000 8	12.88 31	0.000 8	23.71 69	0.001 1	0.080 7	0.12 85	0.10 35	0.004 3	0.10 03	20.90 62
200	0.00 13	0.001 5	0.001 4	0.001 6	23.28 02	0.001 6	0.125 2	0.18 33	0.10 37	0.005 0	0.14 28	20.83 94
250	0.00 18	13.57 72	0.002 7	0.002 4	21.08 32	0.002 2	0.177 0	0.24 17	0.10 46	0.006 1	0.18 98	21.15 48
300	0.00 27	13.57 79	13.57 99	0.003 4	20.82 79	0.003 0	0.236 9	0.30 45	0.10 46	0.008 2	0.24 23	21.21 01
350	0.00 33	12.48 04	25.76 96	0.004 3	22.31 73	0.003 9	0.293 9	0.36 05	0.10 61	0.011 2	0.28 37	22.28 33
400	0.00 41	12.88 67	12.89 00	0.005 3	20.45 72	0.004 8	0.354 6	0.42 01	0.10 87	0.015 5	0.32 90	20.98 04
450	0.00 50	12.88 78	12.89 35	0.006 1	20.56 24	0.006 3	0.420 5	0.48 02	0.11 04	0.020 2	0.37 69	20.93 40
500	0.00 61	13.58 23	0.012 2	0.006 9	20.76 02	0.007 6	0.480 2	0.55 25	0.11 36	13.23 45	0.42 99	20.86 66
550	0.00 73	11.28 07	0.014 4	13.58 38	33.35 65	0.008 6	0.542 5	0.62 70	0.11 70	0.033 1	0.48 68	20.79 81
600	0.00 87	24.96 28	0.016 6	0.009 8	20.13 63	13.58 53	0.610 1	0.70 50	0.12 03	0.041 2	0.55 09	
650	0.01 00	25.21 58	0.017 7	0.010 9	20.01 24	0.011 5	0.660 9	0.78 95	0.13 68	0.045 3	0.62 78	
700	0.01 17	10.45 20	13.59 69	0.012 5	33.17 71	0.012 6	0.713 1	0.87 74	0.15 54	13.25 76	0.70 97	
750	0.01 32	24.27 41	12.90 74	13.58 96	19.48 61	0.014 6	0.768 1	0.96 77	0.17 39		0.79 84	
800	0.01 46	24.27 59	0.027 0	13.59 05	33.73 99	0.015 6		1.06 88	0.20 86		0.82 84	
850	0.01 66	23.70 24	0.036 7	13.59 25	19.47 86	0.017 6		1.17 45	0.24 68			
900	0.01 83	23.07 57	25.80 98	0.018 6	33.33 67	0.019 1		1.28 40				
950	0.02 00	24.39 98	0.047 0	12.90 20	32.02 97	27.17 07						
1000	0.02 10	22.65 24	0.056 8	13.59 70	31.03 13	0.022 3						
1050												
max	0.02 35	22.70 95	13.64 09	13.59 96	16.85 42	0.023 6	0.804 5	1.35 11	0.29 06	0.055 6	0.89 72	21.50 02

Ukuran Pesan	Rata rata P-value Chi Square Attack											
	babon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdo men	chest	chest 2	hand	leg	leg2
50	0.03 809	0.03 8629	0.04 921	0.04 9719	0.04 7587	0.04 4119	0.70 2963	0.78 0281	0.06 7123	0.04 096	0.75 6796	0.03 1158
100	0.04 9991	0.04 2429	0.04 7871	0.05 133	0.05 9523	0.05 0456	0.70 2661	0.77 7753	0.06 8857	0.03 9364	0.75 8505	0.03 1377
150	0.04 9899	0.03 7123	0.05 2109	0.04 1891	0.04 1872	0.04 5239	0.70 4833	0.77 756	0.06 6919	0.04 3052	0.76 0305	0.02 8834
200	0.04 0638	0.03 549	0.04 5208	0.04 698	0.05 9607	0.04 3955	0.59 5934	0.72 7313	0.08 308	0.04 2645	0.78 2884	0.02 8625
250	0.04 9348	0.03 9516	0.05 6381	0.04 2681	0.04 1614	0.03 6295	0.59 9695	0.72 7891	0.08 0712	0.03 8032	0.78 4804	0.03 2658
300	0.03 6673	0.04 6172	0.05 7005	0.04 5598	0.04 8807	0.04 1893	0.59 0441	0.72 5846	0.08 2511	0.03 8552	0.78 2995	0.03 7726
350	0.04 3308	0.04 285	0.04 5537	0.05 1089	0.03 6274	0.04 6604	0.60 7219	0.73 064	0.09 6187	0.03 7133	0.79 0166	0.02 9859
400	0.04 4413	0.03 8586	0.05 3223	0.04 1112	0.05 5322	0.04 7457	0.60 7214	0.73 319	0.09 8496	0.03 8623	0.79 0419	0.02 9609
450	0.03 7631	0.03 9643	0.04 4806	0.04 0462	0.05 0757	0.05 1654	0.61 288	0.73 1372	0.09 2201	0.03 7683	0.78 8293	0.02 766
500	0.05 8406	0.04 4144	0.07 0275	0.05 8746	0.04 4285	0.05 2707	0.59 7622	0.72 5044	0.10 9387	0.04 1163	0.78 2086	0.03 0396
550	0.06 177	0.04 4476	0.05 8236	0.05 8727	0.06 0576	0.04 6589	0.59 3997	0.72 8617	0.10 3845	0.04 0783	0.78 2265	
600	0.05 23	0.03 2561	0.05 0434	0.05 8935	0.04 0269	0.04 9127	0.59 7874	0.72 6155	0.10 5413	0.03 5219	0.78 2684	
650	0.04 3223	0.04 1224	0.04 5018	0.04 8099	0.04 8721	0.04 7218	0.60 3884	0.72 8674	0.07 353	0.03 7148	0.78 4081	
700	0.03 8512	0.03 6927	0.04 3775	0.04 9809	0.04 9902	0.05 7727	0.60 8695	0.72 4917	0.08 2357	0.04 1007	0.78 4417	
750	0.04 736	0.03 107	0.05 2776	0.04 6675	0.05 9153	0.05 027	0.59 6085	0.72 7899	0.07 8588		0.78 2398	
800	0.04 284	0.04 9362	0.05 131	0.04 8484	0.06 958	0.05 4087		0.72 5519	0.08 2028		0.78 627	
850	0.03 2525	0.05 0463	0.04 5159	0.03 6428	0.05 7375	0.04 2101		0.72 9403	0.10 1692			
900	0.05 4429	0.04 6204	0.06 556	0.04 6739	0.04 8555	0.04 5952		0.72 6196				
950	0.04 4699	0.03 7521	0.05 887	0.04 5021	0.04 4842	0.04 3942						
1000	0.04 9497	0.04 1199	0.05 0157	0.03 7144	0.04 8234	0.04 8633						
1050												
max	0.04 2855	0.04 1252	0.05 7364	0.03 7287	0.04 2907	0.04 4854	0.60 6921	0.72 7361	0.11 1736	0.04 3658	0.78 6292	0.02 6633

### Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 5x5 dan citra RGB

Ukuran Pesan	PSNR											
	babon	lena	pape r	plane	tifan y	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	60.71	60.51	60.54	60.53	60.54	60.58	59.65	60.15	59.88	58.42	57.53	57.36
100	57.66	57.48	57.59	57.53	57.53	57.62	56.66	57.12	56.97	55.44	54.53	54.26
150	55.86	55.72	55.90	55.69	55.70	55.77	54.87	55.36	55.21	53.68	52.79	52.55
200	54.69	54.50	54.59	54.45	54.37	54.52	53.49	54.10	53.89	52.38	51.62	51.25
250	53.66	53.52	53.59	53.48	53.49	53.53	52.47	53.13	52.97	51.46	50.72	50.31
300	52.84	52.71	52.83	52.67	52.66	52.74	51.66	52.36	52.13	50.65	49.95	49.57
350	52.16	52.07	52.12	52.01	51.95	52.10	50.98	51.67	51.48	50.03	49.34	48.87
400	51.63	51.50	51.59	51.42	51.37	51.50	50.36	51.07	50.88	49.49	48.82	48.30
450	51.09	50.99	51.06	50.92	50.86	50.96	49.88	50.55	50.34	48.96	48.36	47.82
500	50.62	50.51	50.55	50.45	50.37	50.56	49.42	50.09	49.90	48.56	47.92	47.57
550	50.19	50.12	50.19	50.04	49.93	50.12	49.01	49.68	49.48	48.17	47.53	
600	49.82	49.74	49.79	49.68	49.62	49.74	48.64	49.33	49.11	47.80	47.20	
650	49.47	49.38	49.44	49.33	49.21	49.41	48.29	48.98	48.80	47.51	46.84	
700	49.16	49.05	49.15	49.01	48.89	49.09	47.97	48.65	48.45	47.23	46.53	
750	48.84	48.76	48.83	48.70	48.58	48.80	47.64	48.32	48.17		46.23	
800	48.59	48.50	48.57	48.44	48.28	48.51	47.57	48.04	47.85		46.08	
850	48.34	48.20	48.30	48.18	48.00	48.25		47.78	47.61			
900	48.05	47.99	48.05	47.91	47.79	48.00		47.53	47.33			
950	47.83	47.75	47.80	47.69	47.52	47.78		47.43				
1000	47.60	47.54	47.59	47.47	47.33	47.57						
1050												
MAX	47.41	47.29	47.39	47.25	47.10	47.34	47.46	47.37	47.35	46.95	45.92	47.30
capacity	1048740	1048740	1048740	1048740	1048740	1048740	807219	955185	903273	721833	826560	541905

Ukuran Pesan	SSIM											
	babon	lena	pape r	plan e	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	1.0000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9987	0.9981	0.9987	0.9997	0.9996	0.9997
100	1.0000	0.9997	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9973	0.9961	0.9973	0.9994	0.9992	0.9994
150	1.0000	0.9996	0.9997	0.9996	0.9997	0.9997	0.9960	0.9942	0.9960	0.9992	0.9988	0.9991
200	0.9999	0.9995	0.9996	0.9994	0.9995	0.9996	0.9942	0.9921	0.9959	0.9989	0.9983	0.9988
250	0.9999	0.9994	0.9995	0.9993	0.9994	0.9996	0.9924	0.9900	0.9958	0.9986	0.9979	0.9984
300	0.9999	0.9993	0.9994	0.9991	0.9992	0.9995	0.9905	0.9879	0.9957	0.9984	0.9975	0.9981
350	0.9999	0.9992	0.9993	0.9989	0.9991	0.9994	0.9885	0.9861	0.9957	0.9982	0.9972	0.9978
400	0.9998	0.9991	0.9992	0.9988	0.9990	0.9993	0.9863	0.9842	0.9956	0.9980	0.9969	0.9975
450	0.9998	0.9990	0.9991	0.9986	0.9989	0.9992	0.9843	0.9823	0.9955	0.9978	0.9966	0.9973
500	0.9997	0.9989	0.9990	0.9986	0.9987	0.9992	0.9824	0.9804	0.9954	0.9976	0.9962	0.9972
550	0.9997	0.9989	0.9989	0.9985	0.9986	0.9991	0.9804	0.9783	0.9953	0.9974	0.9959	
600	0.9997	0.9988	0.9988	0.9985	0.9985	0.9990	0.9785	0.9763	0.9953	0.9972	0.9955	
650	0.9996	0.9987	0.9987	0.9984	0.9983	0.9990	0.9774	0.9742	0.9949	0.9970	0.9952	
700	0.9996	0.9986	0.9986	0.9983	0.9982	0.9989	0.9760	0.9720	0.9944	0.9968	0.9948	
750	0.9995	0.9985	0.9985	0.9982	0.9981	0.9989	0.9748	0.9698	0.9940		0.9944	
800	0.9995	0.9984	0.9984	0.9982	0.9979	0.9988	0.9744	0.9675	0.9931		0.9942	
850	0.9994	0.9984	0.9981	0.9981	0.9978	0.9987		0.9651	0.9921			
900	0.9994	0.9983	0.9979	0.9979	0.9977	0.9987		0.9627	0.9912			
950	0.9994	0.9982	0.9978	0.9978	0.9976	0.9986		0.9620				
1000	0.9993	0.9981	0.9976	0.9977	0.9975	0.9985						
1050												
MAX	0.9993	0.9980	0.9975	0.9976	0.9974	0.9984	0.9741	0.9613	0.9912	0.9966	0.9940	0.9970

Ukuran Pesan	UQI											
	babon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdo men	ches t	ches t2	hand	leg	leg2
50	1.00 00	1.00 00	1.00 00	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.981 4	0.97 69	0.98 34	1.00 00	0.96 77	0.98 68
100	1.00 00	1.00 00	0.99 98	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.963 1	0.95 38	0.96 92	1.00 00	0.93 55	0.96 26
150	1.00 00	1.00 00	0.99 95	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.945 4	0.93 08	0.95 02	1.00 00	0.90 33	0.96 45
200	1.00 00	1.00 00	0.99 95	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.925 3	0.90 93	0.95 04	1.00 00	0.87 74	0.93 50
250	1.00 00	1.00 00	0.99 89	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.906 7	0.88 77	0.95 02	1.00 00	0.85 12	0.90 42
300	0.99 99	1.00 00	0.99 84	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.888 0	0.86 62	0.95 02	1.00 00	0.82 54	0.87 86
350	1.00 00	1.00 00	0.99 85	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.866 3	0.84 83	0.95 02	1.00 00	0.80 43	0.86 79
400	1.00 01	1.00 00	0.99 76	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.845 5	0.83 03	0.95 02	1.00 00	0.78 14	0.85 18
450	1.00 00	1.00 00	0.99 73	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.823 9	0.81 22	0.95 02	1.00 00	0.75 83	0.84 04
500	1.00 00	1.00 00	0.99 73	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.803 5	0.79 13	0.95 00	1.00 00	0.74 12	0.83 78
550	1.00 00	1.00 00	0.99 74	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.784 1	0.76 98	0.94 98	1.00 00	0.69 97	
600	1.00 00	1.00 00	0.99 71	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.764 1	0.74 89	0.94 97	1.00 00	0.68 17	
650	1.00 00	1.00 00	0.99 70	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.750 8	0.72 64	0.94 52	1.00 00	0.64 37	
700	1.00 00	1.00 00	0.99 69	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.737 2	0.70 40	0.94 12	0.99 99	0.61 32	
750	1.00 00	1.00 00	0.99 66	1.00 00	1.00 00	1.00 00	0.725 7	0.68 11	0.93 67		0.57 24	
800	1.00 00	1.00 00	0.99 63	1.00 00	1.00 00	1.00 34	0.720 3	0.65 76	0.92 73		0.56 72	
850	1.00 00	1.00 00	0.99 45	1.00 00	1.00 00	1.00 01		0.63 36	0.91 72			
900	1.00 00	1.00 00	0.99 30	1.00 00	1.00 00	1.00 01		0.60 98	0.90 75			
950	1.00 00	1.00 00	0.99 40	1.00 00	1.00 00	1.00 01		0.60 31				
1000	1.00 02	1.00 00	0.99 19	1.00 00	1.00 00	1.00 01						
1050												
MAX	1.00 00	1.00 00	0.99 05	1.00 00	1.00 00	1.00 01	0.716 0	0.59 62	0.90 76	0.99 99	0.54 95	0.86 03

Ukuran Pesan	KL DIV											
	baboon	lena	pape	plan	tifan	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0147	0.0266	0.0202	0.0003	0.0156	22.4402
100	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	23.1991	0.0004	0.0442	0.0734	0.0575	0.0010	0.0501	23.4454
150	0.0004	0.0004	13.5758	0.0004	10.1740	0.0007	0.0832	0.1294	0.1053	0.0024	0.0967	20.9630
200	0.0005	0.0007	0.0008	0.0006	10.2797	0.0008	0.1258	0.1835	0.1052	0.0028	0.1388	20.6766
250	0.0008	0.0009	0.0018	0.0011	21.5339	0.0011	0.1755	0.2414	0.1054	0.0034	0.1858	21.1686
300	0.0011	0.0012	13.5786	0.0016	20.8160	0.0016	0.2337	0.3027	0.1062	0.0045	0.2371	21.5007
350	0.0015	0.0018	13.5789	0.0018	21.1856	0.0020	0.2883	0.3588	0.1069	0.0056	0.2773	21.1763
400	0.0018	26.4595	13.5809	0.0023	34.4910	0.0026	0.3507	0.4165	0.1072	0.0076	0.3189	21.0730
450	0.0022	26.4599	13.5837	0.0029	34.7773	0.0033	0.4154	0.4777	0.1083	13.2194	0.3646	21.2104
500	0.0025	27.1536	13.5840	0.0031	21.8066	0.0038	0.4780	0.5475	0.1109	0.0144	0.4125	21.3114
550	0.0032	12.4802	13.5855	0.0043	20.1332	27.1548	0.5448	0.6211	0.1127	13.2269	0.4631	
600	0.0038	25.5453	26.4696	0.0049	33.6734	0.0049	0.6122	0.6980	0.1153	12.5396	0.5203	
650	0.0043	12.8870	13.5879	0.0054	33.8433	0.0054	0.6628	0.7818	0.1288	13.2353	0.5903	
700	0.0051	24.1604	13.5907	0.0064	33.5688	0.0062	0.7147	0.8688	0.1447	13.2372	0.6633	
750	0.0056	23.9788	25.7824	0.0069	61.3606	13.5823	0.7656	0.9597	0.1595		0.7434	
800	0.0064	24.7596	13.5939	0.0077	33.4365	0.0076	0.7879	1.0590	0.1934		0.7864	
850	0.0071	23.7574	0.0280	0.0087	33.0568	0.0081		1.1634	0.2301			
900	0.0080	24.2688	0.0374	0.0094	32.8311	0.0089		1.2719	0.2697			
950	0.0086	23.2090	0.0382	13.5854	46.4313	0.0099		1.3161				
1000	0.0095	22.7792	0.0480	12.8933	59.5864	13.5859						
1050												
MAX	0.0102	22.8315	0.0560	13.5872	46.3465	13.5866	0.8059	1.3642	0.2723	26.4494	0.8340	20.5679

Ukuran Pesanan	Rata rata P-value Chi Square Attack											
	babon	lena	pape	plan	tifan	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	0.3986	0.0479	0.1665	0.0826	0.0887	0.0734	0.6948	0.7753	0.0634	0.0400	0.7482	0.0430
100	0.2378	0.0965	0.0967	0.0772	0.0851	0.1032	0.6967	0.7763	0.0631	0.0469	0.7506	0.0466
150	0.3682	0.0515	0.1006	0.1159	0.0838	0.1165	0.6948	0.7742	0.0633	0.0520	0.7486	0.0421
200	0.1171	0.0703	0.0856	0.1036	0.0844	0.0962	0.5838	0.7242	0.0690	0.0438	0.7629	0.0358
250	0.0960	0.0495	0.1050	0.1011	0.0927	0.1181	0.5806	0.7210	0.0674	0.0481	0.7608	0.0328
300	0.0972	0.0540	0.0830	0.0983	0.0741	0.1003	0.5740	0.7173	0.0671	0.0410	0.7610	0.0331
350	0.0960	0.0547	0.0852	0.0939	0.0842	0.0817	0.5954	0.7280	0.0783	0.0549	0.7649	0.0405
400	0.0928	0.0550	0.0754	0.0897	0.0948	0.0894	0.5916	0.7258	0.0784	0.0497	0.7634	0.0363
450	0.0949	0.0581	0.0670	0.0910	0.0828	0.0871	0.5903	0.7304	0.0783	0.0423	0.7604	0.0321
500	0.0812	0.0786	0.0912	0.0943	0.0824	0.0769	0.5804	0.7221	0.0705	0.0469	0.7589	0.0331
550	0.0885	0.0725	0.1139	0.0837	0.0744	0.1011	0.5859	0.7248	0.0711	0.0501	0.7568	
600	0.0707	0.0442	0.0798	0.1051	0.0856	0.1000	0.5823	0.7271	0.0685	0.0467	0.7627	
650	0.0948	0.0519	0.0933	0.0901	0.1047	0.0774	0.5820	0.7260	0.0279	0.0458	0.7665	
700	0.1016	0.0626	0.0695	0.0839	0.0810	0.0996	0.5936	0.7226	0.0217	0.0400	0.7663	
750	0.1099	0.0557	0.0834	0.0974	0.0820	0.0910	0.5765	0.7233	0.0259		0.7642	
800	0.0784	0.0480	0.1075	0.1088	0.0963	0.0917	0.5798	0.7233	0.0065		0.7624	
850	0.0936	0.0699	0.0993	0.1008	0.0923	0.0720		0.7241	0.0064			
900	0.1011	0.0659	0.0868	0.0927	0.0931	0.1162		0.7251	0.0067			
950	0.1232	0.0642	0.1001	0.1279	0.0783	0.1089		0.7266				
1000	0.0917	0.0628	0.1091	0.0965	0.0801	0.1022						
1050												
MA X	0.1005	0.0735	0.0868	0.1055	0.0771	0.1228	0.5887	0.7267	0.0072	0.0441	0.7641	0.0409

## Hasil pengukuran pada penyisipan dengan blok 6x6 dan citra RGB

Ukuran Pesan	PSNR											
	babon	lena	paper	plane	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	61.30	61.09	61.33	61.23	61.21	61.20	60.08	60.49	60.43	59.22	58.57	58.00
100	58.30	58.11	58.26	58.22	58.16	58.25	57.04	57.50	57.34	56.15	55.60	55.01
150	56.54	56.42	56.54	56.43	56.49	56.46	55.26	55.71	55.60	54.43	53.81	53.29
200	55.31	55.17	55.27	55.15	55.27	55.21	53.97	54.47	54.39	53.19	52.65	51.97
250	54.28	54.19	54.28	54.15	54.32	54.25	52.95	53.52	53.47	52.19	51.73	50.98
300	53.56	53.41	53.48	53.39	53.51	53.44	52.18	52.76	52.69	51.36	50.96	50.21
350	52.84	52.76	52.80	52.70	52.80	52.78	51.46	52.05	52.04	50.78	50.35	49.57
400	52.26	52.15	52.21	52.12	52.24	52.19	50.87	51.49	51.45	50.21	49.79	49.00
450	51.80	51.64	51.72	51.64	51.73	51.70	50.35	50.93	50.93	49.71	49.32	48.52
500	51.31	51.21	51.25	51.14	51.34	51.20	49.89	50.50	50.55	49.28	48.87	48.24
550	50.90	50.77	50.84	50.72	50.92	50.84	49.49	50.09	50.11	48.89	48.50	
600	50.50	50.40	50.46	50.35	50.54	50.46	49.12	49.71	49.75	48.48	48.12	
650	50.17	50.05	50.13	50.03	50.23	50.07	48.75	49.34	49.37	48.21	47.78	
700	49.82	49.75	49.79	49.68	49.88	49.77	48.43	49.04	49.12	47.91	47.46	
750	49.55	49.43	49.49	49.40	49.57	49.47	48.13	48.73	48.77		47.14	
800	49.27	49.19	49.22	49.10	49.31	49.20	48.01	48.42	48.50		46.97	
850	48.97	48.92	48.95	48.84	49.06	48.94		48.16	48.22			
900	48.74	48.64	48.73	48.60	48.79	48.71		47.92	47.94			
950	48.50	48.41	48.47	48.36	48.59	48.45						
1000	48.27	48.20	48.24	48.11	48.36	48.22						
1050	48.07	47.97	48.03	47.95	48.15	48.04						
MAX	47.99	47.94	48.00	47.89	48.09	47.99	47.93	47.87	47.95	47.66	46.82	47.98
capacity	1062075	1062075	1062075	1062075	1062075	1062075	818496	949620	910224	724416	829668	545370



Ukuran Pesan	SSIM											
	baboon	lena	paper	plane	tiffany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	1.0000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9988	0.9981	0.9987	0.9998	0.9996	0.9998
100	1.0000	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9974	0.9960	0.9973	0.9995	0.9992	0.9995
150	1.0000	0.9997	0.9998	0.9997	0.9997	0.9998	0.9961	0.9940	0.9960	0.9993	0.9988	0.9992
200	1.0000	0.9996	0.9997	0.9995	0.9996	0.9997	0.9944	0.9921	0.9959	0.9991	0.9985	0.9989
250	0.9999	0.9995	0.9996	0.9994	0.9995	0.9996	0.9925	0.9901	0.9959	0.9988	0.9981	0.9986
300	0.9999	0.9994	0.9995	0.9992	0.9994	0.9995	0.9906	0.9881	0.9958	0.9986	0.9977	0.9983
350	0.9999	0.9993	0.9994	0.9991	0.9993	0.9995	0.9887	0.9862	0.9957	0.9984	0.9975	0.9981
400	0.9998	0.9992	0.9993	0.9989	0.9992	0.9994	0.9865	0.9843	0.9956	0.9983	0.9971	0.9978
450	0.9998	0.9991	0.9992	0.9988	0.9991	0.9993	0.9844	0.9824	0.9955	0.9981	0.9969	0.9976
500	0.9998	0.9991	0.9991	0.9987	0.9990	0.9993	0.9826	0.9805	0.9955	0.9979	0.9965	0.9975
550	0.9997	0.9990	0.9990	0.9987	0.9989	0.9992	0.9807	0.9784	0.9954	0.9978	0.9962	
600	0.9997	0.9989	0.9989	0.9987	0.9988	0.9992	0.9789	0.9765	0.9954	0.9976	0.9959	
650	0.9997	0.9988	0.9989	0.9986	0.9987	0.9991	0.9775	0.9742	0.9950	0.9974	0.9956	
700	0.9996	0.9988	0.9987	0.9985	0.9986	0.9991	0.9760	0.9719	0.9946	0.9972	0.9952	
750	0.9996	0.9987	0.9986	0.9985	0.9985	0.9990	0.9745	0.9696	0.9943		0.9948	
800	0.9996	0.9987	0.9985	0.9984	0.9984	0.9990	0.9742	0.9675	0.9933		0.9946	
850	0.9995	0.9986	0.9983	0.9983	0.9983	0.9989		0.9653	0.9923			
900	0.9995	0.9985	0.9981	0.9982	0.9982	0.9989		0.9631	0.9913			
950	0.9995	0.9984	0.9980	0.9981	0.9982	0.9988						
1000	0.9994	0.9984	0.9978	0.9980	0.9981	0.9987						
1050	0.9994	0.9983	0.9977	0.9979	0.9980	0.9986						
MAX	0.9994	0.9983	0.9977	0.9979	0.9980	0.9986	0.9738	0.9623	0.9914	0.9970	0.9945	0.9974

Ukuran Pesan	UQI											
	baboon	lena	paper	plane	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.981 8	0.976 9	0.983 4	1.000 0	0.967 8	0.991 1
100	1.000 0	1.000 0	0.999 7	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.963 6	0.953 8	0.966 7	1.000 0	0.935 8	0.967 0
150	1.000 0	1.000 0	0.999 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.945 4	0.930 7	0.950 2	1.000 0	0.903 8	0.972 6
200	1.000 0	1.000 0	0.999 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.926 1	0.909 9	0.950 2	1.000 0	0.878 0	0.944 0
250	1.000 0	1.000 0	0.998 8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.907 6	0.889 1	0.950 1	1.000 0	0.852 5	0.887 2
300	0.999 9	1.000 0	0.998 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.889 3	0.868 5	0.950 2	1.000 0	0.826 9	0.893 6
350	1.000 0	1.000 0	0.998 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.868 8	0.849 7	0.950 2	1.000 0	0.806 3	0.887 1
400	1.000 0	1.000 0	0.998 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.847 9	0.830 8	0.949 7	1.000 0	0.783 9	0.859 7
450	0.999 9	1.000 0	0.997 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.825 9	0.812 2	0.949 6	1.000 0	0.764 6	0.857 1
500	1.000 0	1.000 0	0.996 9	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.807 5	0.791 3	0.950 1	1.000 0	0.734 0	0.852 3
550	1.000 0	1.000 0	1.004 2	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.788 1	0.770 8	0.950 0	1.000 0	0.708 1	
600	1.000 0	1.000 0	0.996 7	1.000 0	1.000 0	1.000 1	0.766 2	0.750 3	0.949 8	0.999 9	0.685 6	
650	1.000 0	1.000 0	0.997 1	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.753 9	0.727 2	0.945 8	0.999 9	0.655 0	
700	1.000 0	1.000 0	0.996 7	0.999 9	1.000 0	1.000 0	0.739 8	0.704 1	0.941 8	0.999 9	0.625 1	
750	1.000 0	1.000 0	0.996 2	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.726 3	0.681 3	0.937 9		0.598 6	
800	1.000 0	1.000 0	0.996 6	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.721 3	0.658 5	0.927 6		0.593 6	
850	1.000 0	1.000 0	0.994 4	1.000 2	1.000 0	1.000 0		0.635 9	0.917 8			
900	1.000 0	1.000 0	0.993 2	1.000 0	1.000 0	1.000 0		0.613 3	0.907 6			
950	1.000 0	1.000 0	0.993 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0						
1000	1.000 0	1.000 1	0.991 9	1.000 0	1.000 0	1.000 0						
1050	1.000 0	1.000 0	0.991 6	1.000 0	1.000 0	1.000 0						
MAX	1.000 0	1.000 0	0.990 6	1.000 0	1.000 0	1.000 4	0.716 1	0.605 3	0.907 7	0.999 9	0.564 0	0.853 0

Ukuran Pesan	KL DIV											
	babon	lena	paper	plane	tifany	lake	abdomen	chest	chest2	hand	leg	leg2
50	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0140	0.0267	0.0196	0.0002	0.0157	23.5388
100	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	10.3562	0.0003	0.0432	0.0740	0.0574	0.0008	0.0500	21.0551
150	0.0002	0.0003	13.5758	0.0003	24.0149	0.0005	0.0812	0.1306	0.1044	0.0018	0.0967	20.7393
200	0.0003	0.0004	13.5758	0.0004	23.6848	0.0006	0.1238	0.1812	0.1048	0.0020	0.1371	21.0584
250	0.0004	0.0006	26.4588	0.0007	21.7568	0.0008	0.1726	0.2350	0.1046	0.0023	0.1826	20.9589
300	0.0006	13.5759	12.8849	0.0009	21.7038	0.0011	0.2313	0.2938	0.1042	0.0029	0.2321	21.1732
350	0.0008	13.5763	0.0030	0.0010	22.2458	0.0013	0.2855	0.3507	0.1050	0.0036	0.2701	21.1738
400	0.0010	13.5766	12.8871	0.0014	21.6706	0.0018	0.3468	0.4098	0.1066	0.0046	0.3110	21.2514
450	0.0012	13.5766	12.8896	0.0017	21.4480	0.0023	0.4099	0.4720	0.1075	0.0066	0.3540	20.6941
500	0.0015	26.0536	0.0078	0.0018	22.1022	0.0025	0.4706	0.5388	0.1079	0.0090	0.3982	21.2543
550	0.0017	11.9677	13.5842	13.5782	33.2211	0.0028	0.5347	0.6113	0.1093	0.0120	0.4464	
600	0.0018	25.7667	0.0106	0.0032	20.3069	0.0033	0.6017	0.6848	0.1114	12.1260	0.4996	
650	0.0023	11.9686	25.7746	0.0035	33.9881	13.5786	0.6536	0.7701	0.1242	13.2257	0.5644	
700	0.0028	11.1805	26.4701	12.8866	47.5708	13.5791	0.7103	0.8576	0.1368	26.4368	0.6358	
750	0.0030	25.5446	13.5905	0.0048	33.5824	13.5797	0.7663	0.9497	0.1514		0.7080	
800	0.0030	25.0751	13.5911	0.0050	20.2458	27.1552	0.7901	1.0436	0.1835		0.7579	
850	0.0037	11.3824	25.7885	12.8875	19.6414	26.4627		1.1408	0.2178			
900	0.0040	23.4666	13.6080	13.5814	19.4929	13.5808		1.2414	0.2544			
950	0.0046	24.5171	12.9155	13.5814	19.6013	13.5813						
1000	0.0051	23.2053	13.6177	0.0070	46.2875	0.0064						
1050	0.0053	23.9793	13.6288	13.5827	33.6337	0.0069						
MAX	0.0056	23.5737	0.0535	12.8899	46.5871	0.0073	0.8120	1.2787	0.2602	13.2301	0.8077	20.6958

Ukuran Pesan	Rata rata P-value Chi Square											
	babon	lena	pape r	plan e	tifan y	lake	abdom en	chest	chest 2	hand	leg	leg2
50	0.5120	0.2001	0.3265	0.1279	0.1879	0.1657	0.6978	0.7743	0.0658	0.0518	0.7460	0.0357
100	0.5708	0.1029	0.2485	0.1194	0.1318	0.2750	0.6955	0.7751	0.0635	0.0495	0.7459	0.0352
150	0.5727	0.1470	0.3147	0.1149	0.1058	0.1341	0.6977	0.7770	0.0638	0.0470	0.7477	0.0376
200	0.1450	0.0865	0.1166	0.1282	0.1075	0.1134	0.5740	0.7155	0.0657	0.0474	0.7421	0.0468
250	0.3050	0.0573	0.1410	0.1315	0.1282	0.1646	0.5716	0.7118	0.0678	0.0405	0.7437	0.0338
300	0.1796	0.1094	0.1887	0.1254	0.0985	0.1434	0.5678	0.7144	0.0676	0.0485	0.7461	0.0394
350	0.2048	0.0923	0.1782	0.1264	0.1867	0.1617	0.5852	0.7153	0.0728	0.0537	0.7459	0.0369
400	0.1740	0.0988	0.1143	0.1204	0.1011	0.1300	0.5814	0.7189	0.0715	0.0494	0.7418	0.0350
450	0.1823	0.1308	0.1431	0.1437	0.1492	0.1318	0.5786	0.7152	0.0727	0.0496	0.7460	0.0362
500	0.1992	0.1273	0.1139	0.1210	0.1323	0.1233	0.5763	0.7114	0.0650	0.0469	0.7354	0.0330
550	0.1840	0.1494	0.1354	0.1281	0.1173	0.1265	0.5748	0.7089	0.0613	0.0508	0.7348	
600	0.1537	0.0895	0.1889	0.1134	0.0967	0.1419	0.5823	0.7112	0.0615	0.0481	0.7381	
650	0.1426	0.1013	0.1772	0.1214	0.1175	0.1299	0.5773	0.7165	0.0186	0.0461	0.7457	
700	0.1298	0.1316	0.1509	0.1203	0.1037	0.1280	0.5846	0.7162	0.0150	0.0468	0.7453	
750	0.1898	0.0873	0.1444	0.1304	0.0995	0.1356	0.5791	0.7169	0.0164		0.7455	
800	0.2057	0.0834	0.1016	0.1465	0.0685	0.1460	0.5778	0.7077	0.0067		0.7458	
850	0.1911	0.0645	0.1500	0.1342	0.1122	0.1508		0.7164	0.0069			
900	0.1646	0.0542	0.1739	0.1471	0.1818	0.1474		0.7133	0.0071			
950	0.1691	0.0800	0.1214	0.1379	0.1025	0.1562						
1000	0.1358	0.1107	0.1103	0.1426	0.1586	0.1568						
1050	0.1814	0.0935	0.1348	0.1177	0.1680	0.1670						
MAX	0.2030	0.0926	0.1886	0.1327	0.1938	0.1121	0.5766	0.7123	0.0063	0.0420	0.7436	0.0410

Citra yang Digunakan Dalam Penelitian



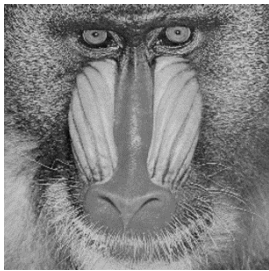
cameramen



plane



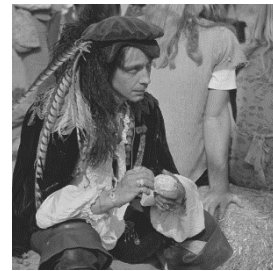
lena



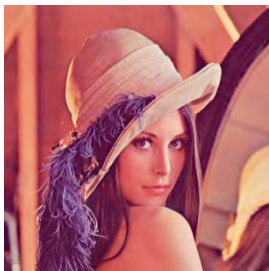
mandril



peppers



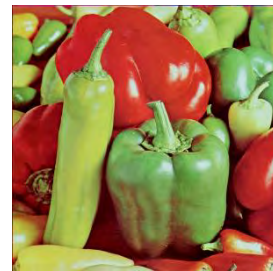
pirate



lena



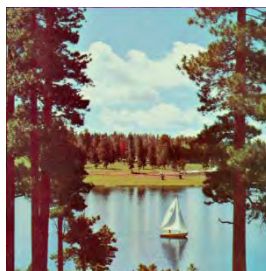
baboon



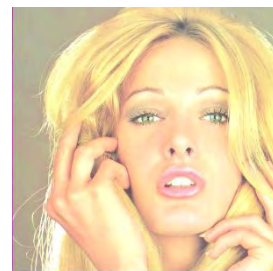
peppers



plane



lake



tiffany



abdomen



chest



chest2



hand



leg



Leg2

## BAB 5

### Kesimpulan Dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Dalam sub bab ini akan dipaparkan kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan serangkaian hasil pengujian serta analisa yang telah dilakukan terhadap metode yang diusulkan. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Penyisipan pesan rahasiadilakukan dengan membandingkan hasil fungsi modulo tiga dari perbedaan perbedaan antara nilai *pixel* dan titik referensinya dengan nilai dari pesan dalam bentuk bilangan tiga dan nilai dari perbedaan tersebut disesuaikan dengan nilai pesan rahasia.
2. Penggunaan fungsi modulo dalam penyembunyian data dapat meningkatkan kualitas citra yang dihasilkan dikarenakan perbedaan yang kecil antara citra asli dan citra hasil penyisipan.
3. Penggunaan bilangan berbasis tiga pada pesan yang akan disisipkan meningkatkan kapasitas maksimal dari sebuah citra, selain itu peningkatan juga terjadi dikarenakan kecilnya peningkatan perbedaan antar *pixel*.
4. Pada citra yang memiliki variasi *pixel* cukup tinggi memiliki tingkat keamanan yang lebih baik. Terlihat dari kecilnya hasil *KL divergence* dan Chi Square Attack.

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah

1. Penanganan *location map* yang terintegrasi didalam citra cover untuk meminimalisir kesalahan ekstraksi dan serangan terhadap data yang disisipkan.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada citra yang memiliki histogram yang hampir seragam hal ini dikarenakan rendahnya faktor keamanan pada citra citra dengan histogram yang hampir seragam.
3. Pengembangan metode penyisipan Difference Expansion dengan fungsi modulo pada media digital yang lain

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Alattar, A. M. (2004, Agustus). Reversible watermark using the *difference expansion* of a generalized integer transform. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 13(8), 1147-1156.
- California, U. U. (t.thn.). Dipetik May 12, 2015, dari SIPI Image Database: <http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=11>
- Diffie, W., & Hellman, M. (1976). New direction in cryptograph. *IEEE Transactions on Information Theory*, 644-654.
- Holil, M., & Ahmad, T. (2014, September). Peningkatan Performa Metode Steganografi Berbasis Difference Expansion Menggunakan Reduksi Selisih. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(2), 9-17.
- Kubale, M. (2004). *Graph Colorings*. Rhode Island: American Mathematical Society.
- LEE, C. C., H. C., T., C, S., & Chu, Y. (2008). Adaptive lossless steganographic scheme with centralized difference expansion. *Pattern Recognition*, 2097-2106.
- Lee, C. F., & Chen, H. L. (2012). Adjustable prediction-based reversible data hiding. *Digital Signal Processing*, 941-953.
- Lee, C.-F., Chen, H.-L., & Tso, H.-K. (2010). *Embedding* capacity raising in reversible data hiding based on prediction of difference expansion. *Journal of Systems and Software*, 1864-1872.
- Library, E. D. (t.thn.). Dipetik May 26, 2015, dari Partners Infectious Disease Images: <http://www.idimages.org/images/browse/ImageTechnique/>
- Lou, D.-C., & Hu, C.-H. (2012, June). LSB steganographic method based on reversible histogram transformation function for resisting statistical steganalysis. *Information Sciences*, 188, 346–358.
- Lou, D.-C., Hu, M.-C., & Liu, J.-L. (2009, Februari). Multiple layer data hiding scheme for medical images. *Computer Standards & Interfaces*, 31(2), 329-335.

- Luo, W., Huang, F., & Huang, J. (2010). Edge Adaptive Image Steganografi Based on LSB Matching Revisited. *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, (hal. 201-214).
- Pambudi, D. S., & Ahmad, T. (2015). Desain Dan Analisis Protokol Pengiriman Data Transformasi Sidik Jari Menggunakan Pewarnaan Graf . *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 124-132.
- Sencar, H. T., Ramkumar, M., & Akansu, A. N. (2004). *Data hiding fundamentals and applications: content security in digital multimedia*. London: Elsevier Academic Press.
- Subhedar, M. S., & Mankar, V. H. (2014). Current status and key issues in image steganografi: A survey. *Computer Science Review*, 13, 95-113.
- Tang, M., Hu, J., Song, W., & Zeng, S. (2015). Reversible and adaptive image steganographic method. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*.
- Thodi, D. M., & Rodríguez, J. J. (2007). Expansion *embedding* techniques for reversible watermarking. *Image Processing, IEEE Transactions on* (hal. 721-730). IEEE.
- Tian, J. (2003, August). Reversible Data *Embedding* Using a Difference Expansion. *Ieee Transactions On Circuits And Systems For Video Technology*, 13(8), 890 - 896.
- Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002). A Universal Image Quality Index. *Signal Processing Letters, IEEE*, 81 - 84.
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 600 - 612.
- Westfeld, A., & Pfitzmann, A. (2000). Attacks on steganographic systems. *Information Hiding*, 61-76.
- Yang, C.-H. (2008). Inverted pattern approach to improve image quality of information hiding by LSB substitution. *Pattern Recognition*, 41(8), 2674-2683.

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kediri tanggal 18 Agustus 1990, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Mudjiono B.E dan Endang Ratnaningsih S.Sos. Penulis menempuh pendidikan formal dari SD Negeri Tawang 1 (1996-2002), SMP Negeri 1 Wates (2002-2005), SMA Negeri 7 Kediri (2005-2008), dan S1 di P.S. Informatika Universitas Brawijaya Malang (2008-2013). Saat ini berkerja sebagai Database Enginer pada Unit Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Universitas Brawijaya. Selama perkuliahan S2, penulis mengambil bidang minat Komputasi Berbasis Jaringan (KBJ) karena tertarik dengan topik penelitian Keamanan Sistem. Penulis dapat dihubungi melalui email: [yogi.kur@ub.ac.id](mailto:yogi.kur@ub.ac.id).