

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENYISIPAN DATA
PADA STEGANOGRAFI MEGGUNAKAN METODE
TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING PADA CITRA MEDIS DIGITAL**



Disusun oleh:

Nama : Muhamad Fatahillah Zuhair
NIM : 17.52.1052
Konsentrasi : Informatics Technopreneurshp

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENYISIPAN DATA
PADA STEGANOGRAFI MEGGUNAKAN METODE
TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING PADA CITRA MEDIS DIGITAL**

**COMPARISON ANALYSIS OF DATA INSERTION IN
STEGANOGRAPHY USING TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING
METHODS IN DIGITAL MEDICAL IMAGE**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Magister



Disusun oleh:

Nama : Muhamad Fatahlllah Zuhair
NIM : 17.52.1052
Konsentrasi : Informatics Technopreneurship

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENYISIPAN DATA
PADA STEGANOGRAFI MEGGUNAKAN METODE
TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING
PADA CITRA MEDIS DIGITAL**

**COMPARISON ANALYSIS OF DATA INSERTION IN
STEGANOGRAPHY USING TRANSFORM DOMAIN
EMBEDDING METHODS IN DIGITAL
MEDICAL IMAGE.**

Dipersiapkan dan Disusun oleh

Mohamad Fatahillah Zuhair


17.52.1052

Mengetahui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ema Atami, S.Si, M.Kom
NIK. 190302037


Dr. Suwanto Raharjo, S.Si, M.Kom
NIK. 999106

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Komputer

Yogyakarta, 06 Desember 2019

Direktur Program Pascasarjana



HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENYISIPAN DATA
PADA STEGANOGRAFI MEGGUNAKAN METODE
TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING
PADA CITRA MEDIS DIGITAL**

**COMPARISON ANALYSIS OF DATA INSERTION IN
STEGANOGRAPHY USING TRANSFORM DOMAIN
EMBEDDING METHODS IN DIGITAL
MEDICAL IMAGE**

Dipersiapkan dan Disusun oleh

Muhamad Fatahillah Zuhair

17.52.1052

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tesis
Program Studi S2 Teknik Informatika
Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta
pada hari Jum'at, 06 Desember 2019

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ema Utami S.Si, M.Kom
NIK. 190302037

Anggota Tim Penguji


Prof. Dr. Bambang Soedijono WA
NIK. 555124

Pembimbing Pendamping


Dr. Suwanto Raharjo, S.Si, M.Kom
NIK. 999106


Anggi Dwi Hartanto, M.Kom
NIK. 190302163


Prof. Dr. Ema Utami S.Si, M.Kom
NIK. 190302037

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Komputer

Yogyakarta, Jum'at, 06 Desember 2019

Direktur Program Pascasarjana


Dr. Kusriani, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Muhamad Fatahillah Zubair
NIM : 17.52.1052
Konsentrasi : Informatics Technopreneurship

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul berikut:
ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENYISIPAN DATA PADA STEGANOGRAFI MEGGUNAKAN METODE TRANSFORM DOMAIN EMBEDDING PADA CITRA MEDIS DIGITAL

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Erna Utami, S.Si, M.Kom
Dosen Pembimbing Pendamping : Dr. Suwanto Raharjo, S.Si, M.Kom

1. Karya tulis ini adalah benar-benar **ASLI** dan **BELUM PERNAH** diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian **SAYA** sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab **SAYA**, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta
5. Pernyataan ini **SAYA** buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka **SAYA** bersedia menerima **SANKSI AKADEMIK** dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi

Yogyakarta, 06 Desember 2019

Yang Menyatakan,



Muhamad Fatahillah Zubair

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini penulis persembahkan kepada:

1. Bapak Suroso dan Ibu Sofiyati serta adik saya Sajad Abdallah Noor Zain dan Veni Sara Setiarani dan segenap keluarga yang memberikan do'a dan dukungan tanpa pamrih, baik secara moril maupun materil.
2. Istri terkasih Faridatuzulfa yang selalu memberikan dorongan semangat, do'a, alarm alami pengingat menyelesaikan tesis tepat waktu dan alasan utama tetap fokus dalam proses penelitian tesis ini.
3. Dr. Suwanto Raharjo, S.Si, M.Kom, Prof. Dr. Ema Utami, S.Si, M.Kom selaku pembimbing dalam penelitian ini yang menyalurkan ilmu dan sarannya sehingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik.
4. Seluruh dosen dan karyawan Program Magister Teknik Informatika Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Seluruh teman-teman Program Magister Teknik Informatika Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta angkatan 19 B.
6. Pembaca yang budiman.

HALAMAN MOTTO



“Khoirunnas anfa'uhum linnas”

Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lain.

(HR Ahmad dan Thabrani).

“The Quieter You Are The More You Hear”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini dengan judul: "Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi Menggunakan Metode *Transform Domain Embedding* Pada Citra Medis Digital".

Penyusunan laporan tesis ini tidak lepas atas bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik materiil maupun spirituil. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

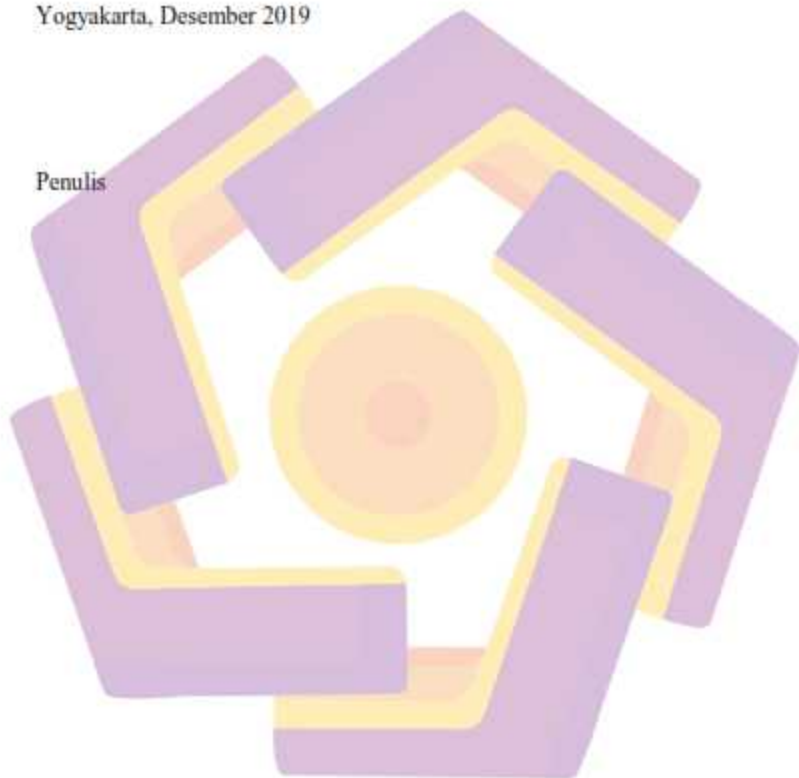
1. Prof. Dr. M. Suyanto, MM sebagai Rektor Universitas AMIKOM Yogyakarta
2. Dr. Kusriani, M.Kom sebagai Direktur Program Magister Teknik Informatika Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Ema Utami, S.Si, M.Kom selaku Pembimbing utama dan penguji pertama.
4. Dr. Suwanto Raharjo, S.Si, M.Kom selaku Pembimbing pendamping.
5. Prof. Dr. Bambang Soedijono W A selaku penguji tesis kedua.
6. Anggit Dwi Hartanto, M.Kom selaku penguji ketiga.
7. Seluruh staf dan dosen Universitas Amikom Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan segala kerendahan hati.

Akhirnya penulis memohon kepada Tuhan Yang Maha Esa semoga hasil jerih payah penulis dalam menyusun laporan tesis ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca.

Yogyakarta, Desember 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Keaslian Penelitian	9
2.3. Landasan Teori.....	14
2.3.1. Citra	14
2.3.2. Transformasi Citra.....	14
2.3.3. Domain <i>Spatial</i>	15
2.3.4. <i>Transform Domain</i> atau <i>Filter Domain</i> Frekuensi.....	15
2.3.5. Steganografi	16
2.3.6. <i>Discrete Wavelet Transform (DWT)</i>	17
2.3.7. <i>Discrete Cosine Transformation (DCT)</i>	21
2.3.8. <i>Least Significant Bit (LSB)</i>	21
2.3.9. <i>Mean Square Error</i> dan <i>Peak Signal-to-Noise Ratio</i>	23
2.3.10. Rekam Medis	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1. Jenis, Sifat dan Pendekatan Penelitian	27
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	28
3.3. Alur Penelitian	29
3.3.1. Studi Pustaka.....	30
3.3.2. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.3.3. Pemodelan Sistem	30

3.3.4. Pengujian	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Tahap Awal	37
4.2. <i>Pre-Processing</i>	38
4.3. <i>Embedding</i>	39
4.4. <i>Extraction</i>	40
4.5. Hasil Penelitian	41
4.5.1. Tanpa Transformasi	42
4.5.1.1. Pengujian dengan 100 buah karakter teks	42
4.5.1.2. Pengujian dengan 1000 buah karakter teks	46
4.5.1.3. Pengujian dengan 5000 buah karakter teks	50
4.5.2. Transformasi Rotasi	54
4.5.3. Transformasi <i>Noise</i>	57
4.5.4. Transformasi <i>Blur</i>	60
4.6. Perbandingan Hasil Pengujian	63
BAB V PENUTUP	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70

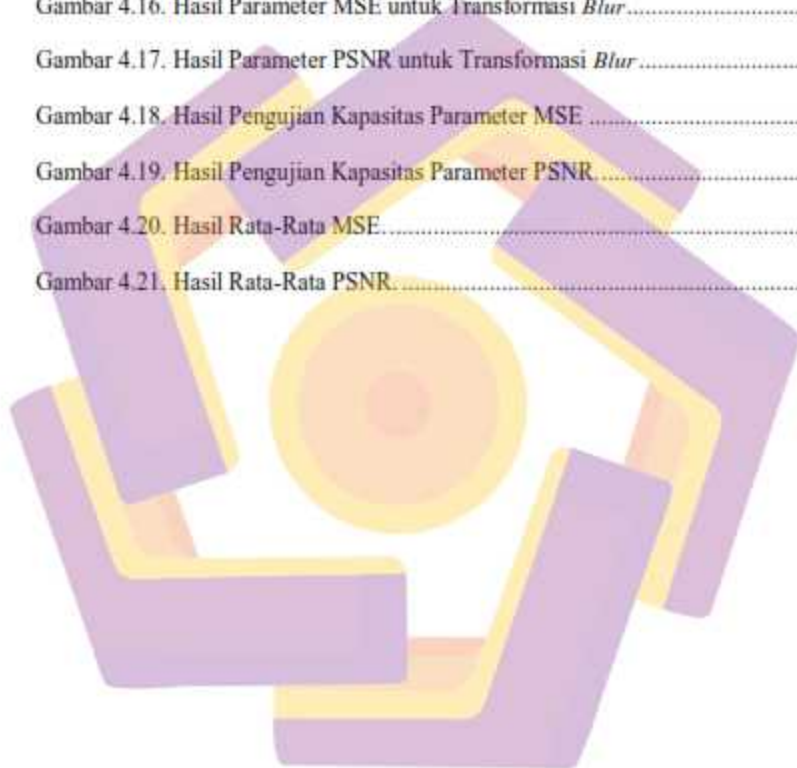
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian.....	9
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Steganografi dengan 100 karakter teks	43
Tabel 4.2. Rata Rata parameter MSE dan PSNR	46
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Steganografi dengan 1000 karakter teks	47
Tabel 4.4. Rata Rata parameter MSE dan PSNR	50
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Steganografi dengan 5000 karakter teks	51
Tabel 4.6. Rata Rata parameter MSE dan PSNR	54
Tabel 4.7. Transformasi Rotasi	55
Tabel 4.8. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi Rotasi	57
Tabel 4.9. Transformasi <i>Noise</i>	58
Tabel 4.10. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi <i>Noise</i>	60
Tabel 4.11. Transformasi <i>Blur</i>	61
Tabel 4.12. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi <i>Blur</i>	63
Tabel 4.13. Hasil Pengujian parameter MSE	63
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Kapasitas parameter PSNR.....	64
Tabel 4.15. Rata-Rata Hasil Pengujian Dengan Transformasi.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Klasifikasi Steganografi	17
Gambar 2.2. Dekomposisi 2-D DWT dua level	19
Gambar 2.3. Dekomposisi <i>Wavelet</i>	19
Gambar 2.4. Citra <i>Computed Tomography</i>	25
Gambar 2.5. Citra Magnetic Resonance Imaging.....	26
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Proses Awal Pengambilan Citra	31
Gambar 3.3. Proses Dekomposisi Citra Algoritma DWT	31
Gambar 3.4. Proses Pencarian Koefisien Algoritma DCT.....	32
Gambar 3.5. Proses Penyisipan Informasi dan Rekonstruksi Citra	33
Gambar 3.6. Detail Alur Penelitian	34
Gambar 3.7. Detail Alur Penelitian (Lanjutan)	35
Gambar 4.1. Citra <i>Resize</i> dari ukuran 1280 x 1280 px menjadi 512 x 512 px.....	38
Gambar 4.2. Bagian Frekuensi Algoritma DWT 1 Level.....	39
Gambar 4.3. Bagian Frekuensi Algoritma DWT 2 Level	40
Gambar 4.5. Letak penerapan algoritma DCT	41
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Parameter MSE.....	45
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Parameter PSNR.....	45
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Parameter MSE.....	49
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Parameter PSNR.....	49
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Parameter MSE.....	53
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Parameter PSNR.....	53

Gambar 4.12. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi Rotasi.....	56
Gambar 4.13. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi Rotasi	56
Gambar 4.14. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi <i>Noise</i>	59
Gambar 4.15. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi <i>Noise</i>	59
Gambar 4.16. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi <i>Blur</i>	62
Gambar 4.17. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi <i>Blur</i>	62
Gambar 4.18. Hasil Pengujian Kapasitas Parameter MSE	64
Gambar 4.19. Hasil Pengujian Kapasitas Parameter PSNR.....	65
Gambar 4.20. Hasil Rata-Rata MSE.....	66
Gambar 4.21. Hasil Rata-Rata PSNR.....	67



INTISARI

Pada saat ini perkembangan teknologi sudah semakin maju, banyak hal yang dipermudah oleh teknologi, salah satunya dalam komunikasi. Akan tetapi keamanan datanya jarang diperhatikan oleh para users, sehingga dibutuhkan teknik keamanan data yang aman untuk menjaga data pada proses komunikasi. Salah satu bidang yang memerlukan keamanan data adalah pada bidang medis dikarenakan data medis merupakan privasi dan rahasia pasien.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengamanan citra dan informasi medis dengan menggunakan metode gabungan dari *Discrete Wavelet Transform* (DWT), *Discrete Cosine Transformation* (DCT) dan *Least Significant Bit* (LSB) pada proses penyatuan atau penyisipan antara informasi medis pada citra medis. Kemudian akan dilakukan proses perbandingan kualitas antara citra asli dengan citra rekonstruksi menggunakan parameter *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR).

Kemudian setelah dilakukan penelitian berhasil didapatkan kesimpulan bahwa algoritma DWT DCT dan LSB dapat menanggulangi masalah tersebut dan mempunyai performa terbaik dibandingkan dengan gabungan algoritma yang lain dengan ditunjukkan oleh hasil parameter MSE terendah antara 1.7282-2.5466 dan PSNR tertinggi antara 29.2653-45.5785 dB

Kata kunci: Steganografi, DWT, DCT, Medis.

ABSTRACT

At this time the development of technology has increasingly advanced, many things are facilitated by technology, one of them in communication. However, data security is rarely considered by users, so it requires secure data security techniques to protect data in the communication process. One area that requires data security is in the medical field because medical data is patient's privacy and confidentiality.

Based on the background above, this study aims to develop a system of image security and medical information by using a combined method of Discrete Wavelet Transform (DWT), Discrete Cosine Transformation (DCT) and Least Significant Bit (LSB) in the embedding or insertion process between medical information on medical image. Then a quality comparison process will be performed between the original image and the reconstructed image using the Mean Square Error (MSE) parameter and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR).

Then after the research, it was concluded that the combination of DWT, DCT and LSB algorithms can overcome these problems and have the best performance compared to other combined algorithms by showing the results of the lowest MSE parameters between 1.7282-2.5466 and the highest PSNR between 29.2653-45.5785 dB.

Keywords: Steganography, DWT, DCT, Medical.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Pada saat ini perkembangan teknologi sudah semakin maju, banyak hal yang dipermudah oleh teknologi, salah satunya dalam komunikasi. Komunikasi melalui jaringan internet sudah menjadi pilihan utama karena kemudahan dan kecepatannya. Akan tetapi keamanan datanya jarang diperhatikan oleh para users, sehingga dibutuhkan teknik keamanan data yang aman untuk menjaga data pada proses komunikasi, dikarenakan tidak ada jaminan yang menyatakan bahwa komunikasi yang terjadi telah aman dari ancaman pihak ketiga.

Salah satu bidang yang memerlukan keamanan data adalah pada bidang medis, seperti yang pernah terjadi pada bulan Juli 2018 terjadi peretasan data medis milik *SignHealth* Singapura, ada sekitar 1,5 Juta data pasien yang mengunjungi dokter spesialis diretas oleh pihak yang tidak berwenang, maka dari itu diperlukan suatu pengamanan data medis yang lebih baik lagi dikarenakan data medis merupakan privasi dan rahasia pasien. Pertukaran data medis bertujuan untuk membuat telediagnosis, telesurgeries dan telekonsultasi (Kumar, Natarajan, and Bhogadi 2013). Perlindungan terhadap citra medis perlu dilakukan karena terdapat informasi yang bersifat rahasia yaitu mengenai detail pasien dan pendapat dokter mengenai penyakit yang diderita oleh pasien (Huang, Hwang, and Tseng 2013; Lou, Hu, and Liu 2009). Informasi medis tersebut juga dapat berupa *Electronic Patient Records* (EPRs) dan *Electronic Health Records* (EHRs) yang berisi tentang pengamatan klinis, penjelasan diagnosis dan informasi lain yang merupakan privasi

dari pasien yang harus dijaga kerahasiaannya (Fotopoulos, Stavrinou, and Skodras 2008). Informasi medis yang dikirimkan juga harus sampai kepada penerima tanpa adanya perubahan untuk menghindari kesalahan diagnosis yang dapat merugikan akibat adanya perubahan pada informasi yang dikirim.

Perlindungan keamanan transmisi data dan citra medis didasarkan pada autentikasi, kerahasiaan dan integritas sebagai langkah untuk pengamanan data (Kobayashi, Furuie, and Barreto 2009) yang memungkinkan dokter untuk mengakses berkas tersebut dari jarak jauh. Autentikasi memastikan bahwa data tersebut adalah data asli yang tidak mengalami perubahan dalam proses pengiriman dan hanya dapat diakses oleh pihak yang berhak atas data tersebut. Kerahasiaan memastikan penerima bahwa data yang dikirim tidak dapat dibaca atau dimengerti oleh pihak ketiga. Masalah autentikasi dapat diatasi dengan memberikan algoritma perlindungan data yang memastikan data tersebut tidak dimodifikasi pihak lain ditengah pengiriman data (W. Stallings 2013) seperti algoritma Hash atau algoritma penanda kepemilikan (*watermarking*) (Wei, Hao, and Li 2009). Kerahasiaan data dapat dilakukan dengan cara memberikan perlindungan terhadap data seperti pengacakan data (kriptografi) serta penyembunyian data (steganografi) (Delp 2005). Teknik kriptografi dan steganografi merupakan teknik yang dapat digunakan dalam pengamanan data medis. Kriptografi digunakan untuk mengubah informasi medis menjadi informasi yang hanya dapat dibaca oleh pihak yang berwenang. Steganografi digunakan untuk menyembunyikan informasi medis pada media yang lain bertujuan untuk menjaga integritas atau kerahasiaan informasi medis (M. E. Whitman 2012).

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Jamal N. Bani Salameh yang bertujuan untuk mengembangkan metode pengamanan baru dengan menggabungkan steganografi dan kriptografi untuk mengamankan citra medis dan informasi medis melalui jaringan internet (Salameh 2018). Penelitian tersebut menggunakan teknik *bit-by-bit Xoring* yang simpel, serta menyatakan bahwa proses penyatuan atau penyisipan pesan menggunakan teknik *Transform Domain Embedding* akan meningkatkan *robustness* (Salameh 2018). Teknik tersebut dapat meningkatkan ketahanan citra terhadap adanya percobaan pengubahan dan manipulasi citra seperti kompresi citra, filtering citra, rotasi citra, pengubahan skala citra, perusakan citra, pengubahan ukuran citra, dan lain-lain (Gunjal and Manthalkar 2018)

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengamanan citra dan informasi medis dengan menggunakan metode gabungan dari *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, *Discrete Cosine Transformation (DCT)* dan *Least Significant Bit (LSB)* pada proses penyatuan atau penyisipan antara informasi medis pada citra medis berdasarkan sebuah penelitian yang telah dikembangkan oleh Amal Saroj dan Dr. S Saira Banu pada penelitiannya yang menggabungkan 3 buah algoritma yaitu DWT, DCT, SVD pada citra berwarna (Saroj and Banu 2018). Penelitian tersebut membandingkan antara beberapa algoritma peyisipan pesan dan didapatkan bahwa penggabungan antara algoritma DWT, DCT dan SVD mempunyai hasil terbaik dibandingkan dengan algoritma sejenis dengan kualitas citra rekonstruksi atau citra hasil ekstraksi dari steganografi sangat mirip dengan citra asli (Saroj and Banu 2018).

Kemudian akan dilakukan proses perbandingan kualitas antara citra asli dengan citra rekonstruksi menggunakan parameter *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), citra dengan kualitas yang tinggi dalam penelitian ini adalah citra rekonstruksi yang mempunyai kemiripan tinggi dengan citra asli.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Bagian ini memuat penjelasan tentang permasalahan sehingga memerlukan solusi penelitian. Permasalahan yang diuraikan dalam latar belakang masalah dirumuskan kembali secara tegas dan jelas dalam bentuk poin-poin yang terinci yang berisi masalah-masalah yang akan dikaji pada penelitian.

- a. Bagaimana penggunaan metode DWT, DCT dan LSB pada proses penyisipan informasi medis untuk meningkatkan keamanan pesan ?
- b. Bagaimana hasil kualitas citra rekonstruksi dengan menggunakan gabungan metode DWT, DCT dan LSB ?

1.3. BATASAN MASALAH

Berikut batasan masalah agar penelitian ini tetap terarah. Diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Permasalahan pada penelitian ini terbatas pada perbandingan proses penyisipan informasi medis ke dalam citra medis.
- b. Hasil penelitian ini juga terbatas pada perbandingan kualitas citra dilihat dari parameter MSE dan PSNR citra rekonstruksi dengan citra asli.

- c. Algoritma yang digunakan pada proses penyisipan informasi medis adalah gabungan dari DWT, DCT dan LSB.
- d. Citra Medis yang digunakan adalah citra medis *digital*.
- e. Citra medis *digital* yang digunakan berasal dari data publik DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).
- f. Citra medis *digital* yang digunakan adalah citra CT (*Computerized Tomography*) dan citra MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) 2 Dimensi.
- g. Skenario Uji yang dilakukan adalah Pengujian Kapasitas Penyisipan dengan jumlah 100 karakter, 1000 karakter dan 5000 karakter.
- h. Jenis uji transformasi yang diterapkan adalah transformasi rotasi, transformasi *noise* dan transformasi *blur*
- i. File dengan ekstensi *.TIFF dan dengan resolusi 512x512 *pixels*.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang akan dicapai melalui penelitian ini yaitu melakukan analisis perbandingan kualitas citra pada metode penyisipan data pada steganografi dengan menggunakan penggabungan algoritma DWT, DCT dan LSB.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu mengetahui perbandingan kualitas citra dengan menggunakan metode penyisipan data pada steganografi dengan menggunakan penggabungan algoritma DWT, DCT dan LSB.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

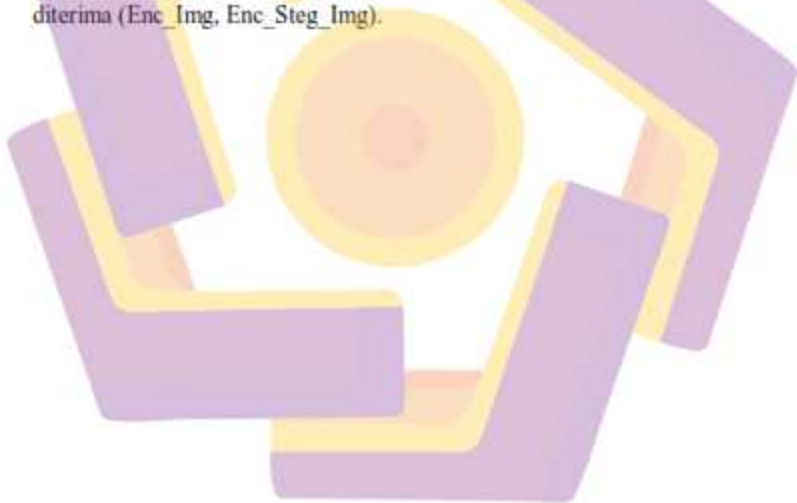
Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang steganografi yang digabungkan dengan steganografi, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Salameh Jamal dan N Bani pada tahun 2018 yang meneliti tentang penggabungan antara kriptografi dan steganografi untuk menyisipkan data pasien kedalam citra medis untuk melindungi privasi dan keamanan dari pihak yang tidak berwenang mengetahui pesan tersebut. Penelitian ini menggunakan algoritma penyisipan pesan sederhana yaitu *bit-to-bit Xorring* antara citra medis dan pesan yang akan disisipkan untuk mendapatkan citra steganografi. Penelitian tersebut menggunakan algoritma sederhana *bit-to-bit Xorring* dengan alasan bahwa citra hasil steganografi akan diamankan lagi menggunakan dua level keamanan kembali, yaitu citra hasil steganografi akan di enkripsi menggunakan algoritma *Modified Jamal Encryption Algorithm* (MJE) dan kemudian hasil enkripsi akan diamankan kembali menggunakan algoritma pengacakan.

Dalam penelitian ini menggunakan algoritma enkripsi (MJE) untuk enkripsi gambar / dekripsi. MJE adalah sebuah algoritma symmetric-key block ciphering baru, ia memiliki Ukuran blok 64-bit, 8-putaran dan kunci 120-bit. MJE membagi pesan teks biasa atau gambar rahasia ke dalam (64-bit) blok kemudian mengenkripsi setiap blok secara terpisah. 64-blok bit dari plain teks (Pt) masuk ke salah satu akhir algoritma, dan kemudian algoritma berjalan untuk menghasilkan 64-bit ciphertext (Ct) di bagian akhir. Setiap blok (Pt) adalah diubah menjadi blok

(Ct) dalam 8 putaran menggunakan kunci enkripsi (120-bit). Dekripsi proses di MJEА berbeda dari proses enkripsi karena S-Box harus digunakan dalam urutan terbalik.

Dekripsi untuk MJEА relatif mudah dimulai dengan ciphertext sebagai input yang dibagi menjadi blok (64-bit), maka setiap blok didekripsi terpisah. Blok (64-bit) dari Ct berada di salah satu ujung dari algoritma, dan kemudian algoritma berjalan untuk menghasilkan Pt (64-bit) di bagian akhir. Setiap blok Ct dikonversi menjadi blok Pt di 8-putaran menggunakan Kunci enkripsi yang sama (120-bit) yang digunakan di sisi pengirim. Desain dari algoritma ini mudah diimplementasikan dan hasil kinerja bagus. MJEА telah dianalisis dengan baik sebagai algoritma enkripsi teks melalui serangkaian simulasi tes. Algoritma benar-benar mengacak plaintext dengan kunci dan berhasil dengan baik ketika diuji secara terpisah; rata-rata lebih dari 50% bit-bit berubah ketika dilakukan perubahan di plaintext, key atau ciphertext. Perbandingan telah terjadi dilakukan antara MJEА dan enkripsi yang berbeda algoritma dan hasil simulasi dengan jelas menunjukkan keunggulan MJEА di atas enkripsi lainnya (Salameh 2012). Selain itu MJEА telah banyak dianalisis sebagai algoritma enkripsi citra. Hasil eksperimen menunjukkan kemungkinan menerapkan MJEА untuk mengenkripsi citra digital. Algoritma ini mampu mencapai penyematan yang tinggi kapasitas dan kualitas tinggi gambar yang disandikan. Hal itu bisa untuk mengganti dan mentransformasikan semua piksel dalam dokumen gambar asli, dan di sisi lain tidak ada pengurangan kualitas gambar setelah melakukan proses dekripsi (Salameh, Karak, and Box 2016).

Untuk level selanjutnya dalam sistem yang diusulkan, kami menggunakan algoritma pengacakan pada sisi pengirim untuk mencampur kedua array {Enc_MI & Enc_SI} untuk mengacak sebelum transmisi dan output untuk algoritma ini adalah {Enc_Img & Enc_Steg_Img}; file tersebut adalah output yang akan dikirim ke pihak lain. Jika penyerang memotong salah satu dari keduanya file tersebut; maka penyerang masih membutuhkan file yang lain untuk memulai proses ekstraksi informasi asli. Jika penyerang mendapat kedua bagian tersebut; dia harus tahu caranya memisahkan mereka untuk melanjutkan proses ekstraksi informasi medis. Algoritma ini akan digunakan di sisi penerima untuk memisahkan dua bagian yang diterima (Enc_Img, Enc_Steg_Img).



2.2. Keaslian Penelitian

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi
Meggunakan Metode Transform Domain Embedding Pada Citra Medis

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
1	<i>A Secure Transmission Approach for Medical Images and Patient's Information by Using Cryptography and Steganography</i>	Salameh, Jamal N Bani, IJCSN - <i>International Journal of Computer Science and Network</i> , 2018	Mengembangkan sistem keamanan baru dengan menggabungkan steganografi dengan kriptografi untuk mengamankan citra medis dan informasi medis melalui internet.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lebih aman untuk serangan analisis histogram 2. Dengan menggunakan teknik steganografi dan kriptografi dengan algoritma MJEA menghasilkan korelasi lebih sedikit dan entropi lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan kriptografi saja 3. Penerima bisa mengekstrak informasi medis dari citra medis dengan hasil sangat mirip dengan citra asli yang menandakan bahwa sistem yang dibuat berjalan dengan lancar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan teknik transform domain pada saat penyisipan pesan untuk meningkatkan kerahasiaan pesan 2. Menggunakan citra format citra terkompres seperti JPEG. 3. Perlu dilakukan analisis untuk citra medis 32bit 4. Perlu dilakukan analisis untuk citra 3D 	Melakukan analisis perbandingan pada metode penyisipan data pada steganografi dengan menggunakan teknik transform domain.

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
 Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi
 Menggunakan Metode Transform Domain Embedding Pada Citra Medis (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
2	<i>Hybrid DCT-DWT Digital Image Steganography</i>	Anuradha Goswami, Sarika Khandelwal, <i>International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering</i> 2016	Menggunakan steganografi menggunakan gabungan algoritma DWT-DCT, serta proses penyisipan data menggunakan MSB dengan tujuan meningkatkan nilai PSNR, meningkatkan keamanan terhadap serangan statistik dan serangan visual.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Steganografi dengan teknik tersebut dapat dilakukan dengan hasil rata-rata nilai PSNR sebanyak 39.2. 2. Nilai PSNR yang tinggi menandakan bahwa teknik tersebut lebih tahan terhadap serangan visual untuk steganografi dan tidak diketahui bahwa ada informasi rahasia didalam citra cover tersebut. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uji coba yang dilakukan yaitu uji coba penyisipan data berupa gambar kedalam citra cover. 2. Belum adanya pengujian berupa kekuatan dari teknik tersebut dengan menggunakan berbagai macam transformasi citra. 	Algoritma gabungan yang diusulkan menggunakan dekomposisi DWT pada semua Sub-Band dan mengambil subband HH / Diagonal sebanyak 2 level untuk dilakukan pengambilan koefisien dari algoritma DCT, kemudian proses penyisipan data tersebut menggunakan algoritma MSB.
3	<i>A Good Performance OTP Encryption Image based on DCT-DWT Steganography</i>	Wellia Shinta Sari, Eko Hari Rachmawanto, De Rosal Ignatius Moses Setiadi, Christy Atika Sari TELKOMNIKA, December 2017	Gabungan kriptografi algoritma OTP dan steganografi algoritma DWT dan DCT untuk meningkatkan <i>robustness</i> .	Penelitian ini menghasilkan rata-rata PSNR lebih dari 40 dB yang menandakan bahwa kualitas dari citra baik.	Belum ada saran untuk peneliti berikutnya	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proses pada penelitian ini berbeda antara proses dekomposisi dan proses pengambilan koefien DCT. 2. Menggabungkan teknik kriptografi untuk mengamankan pesan pada proses distribusinya.

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
 Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi
 Menggunakan Metode Transform Domain Embedding Pada Citra Medis (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
4	Enkripsi Data Menggunakan Steganografi Untuk Keamanan Data Pada Cloud	Imamah Jurnal Ilmiah NERO 2015	Penelitian ini bertujuan untuk melihat berapa perbedaan ukuran citra asli dan stego image sehingga akan disimpulkan apakah metode ini tepat diterapkan pada cloud computing atau tidak	Metode steganografi tidak merubah bentuk cover image. Perbandingan antara cover image dan stego image menghasilkan nilai PSNR rata-rata 58.83 db saat disisipkan 2500 karakter, 55.85 db saat disisipkan pesan berisi 5000 karakter dan 52.76 db saat disisipkan pesan berisi 10000 karakter. Ukuran file sehingga data yang disembunyikan tidak terlihat dan sangat tepat diterapkan pada cloud computing yang memiliki keterbatasan sumber daya	Ruang yang tersedia dari citra cover akan lebih sedikit dikarenakan tidak diaplikasikan algoritma DCT pada citra cover.	Dekomposisi citra menggunakan algoritma DWT dilakukan sebanyak 1 level dan mengambil Sub-Band LL untuk lokasi penyisipan pesan. Perbandingan yang dilakukan adalah perbandingan citra asli dengan stego image.
5	<i>A Session based Multiple Image Hiding Technique using DWT and DCT</i>	Tanmay Bhattacharya, Nilanjan Dey, S. R. Bhadra Chaudhuri	Meneliti penggsimaan steganografi dengan menggunakan algoritma gabungan DWT dan DCT untuk	Proses penyembunyian pesan dilakukan secara acak didalam domain frekuensi, jadi akan sulit untuk mendeteksi bahwa ada informasi rahasia	Belum ada saran untuk peneliti berikutnya	Penyisipan pesan dilakukan pada Sub-Band HH / Diagonal dan proses pengujian hanya dengan algoritma yang diusulkan tidak ada jenis transformasi yang

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
 Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi
 Menggunakan Metode Transform Domain Embedding Pada Citra Medis (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
			menyembunyikan banyak citra dalam cover citra RGB.	didalam citra cover tersebut.		diterapkan untuk menguji kekuatan dari algoritma yang diusulkan
6	<i>High Security Steganography Model Based On DWT, DCT And RSA</i>	Ali Kadhim Khudier Bermani <i>Journal of Engineering and Applied Sciences</i> 2018	Studi ini mengusulkan model keamanan tinggi untuk menyembunyikan citra dalam citra lain menggunakan beberapa algoritma seperti: Algoritma Discrete Wavelet Transform (DWT) dan diterapkan algoritma DCT untuk mengompresi citra rahasia dan menyediakan lebih banyak ruang untuk menyembunyikan citra rahasia dan menerapkan algoritma RSA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model yang diusulkan dapat dinyatakan lebih aman dikarenakan penggunaan algoritma RSA sebagai pengamanan ganda. 2. Penggunaan algoritma DCT menyediakan lebih banyak ruang untuk menyembunyikan citra rahasia 3. Dekomposisi DWT sebanyak 2 level memberikan keamanan yang lebih dalam proses steganografi 	Proses DCT hanya diaplikasikan pada citra rahasia dan tidak diaplikasikan pada citra cover. Proses DCT akan menghasilkan output stego image untuk kedua citra lebih baik lagi ketika diaplikasikan algoritma DCT untuk penentuan koefisien lokasi penyisipan.	Proses dekomposisi hanya dilakukan pada citra cover, kemudian algoritma DCT juga hanya diaplikasikan pada citra rahasia, penyisipan dilakukan pada Sub-Band LL ² menggunakan teknik MSB.

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
 Analisis Perbandingan Metode Penyisipan Data Pada Steganografi
 Menggunakan Metode Transform Domain Embedding Pada Citra Medis (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
			untuk enkripsi dan keamanan			

2.3. Landasan Teori

2.3.1. Citra

Citra atau gambar dapat diartikan sebagai fungsi dua dimensi, $f(x,y)$, dimana x dan y merupakan sebuah bidang datar, dan nilai fungsi f di setiap gabungan koordinat (x,y) disebut intensitas atau level keabuan (*grey level*) dari gambar pada titik tersebut. Jika x , y dan f semuanya berhingga (*finite*), maka gambar tersebut adalah citra digital (gambar digital). Sebuah citra digital terdiri dari sejumlah elemen yang berhingga, dimana masing-masing mempunyai lokasi dan nilai tertentu yang disebut sebagai picture element, image element, pels, atau pixel (F. A. Hermawati 2013)

2.3.2. Transformasi Citra

Transformasi citra, sesuai namanya, merupakan proses perubahan bentuk citra untuk mendapatkan suatu informasi tertentu. Transformasi bisa dibagi menjadi dua, yaitu Transformasi piksel/transformasi geometris dan transformasi ruang/domain/space. Transformasi piksel masih bermain di ruang/domain yang sama (domain spasial), hanya posisi piksel yang kadang diubah, misalkan rotasi, translasi, scaling, invers, shear, dll. Transformasi jenis ini relatif mudah diimplementasikan. Transformasi ruang merupakan proses perubahan citra dari suatu ruang/domain ke ruang/domain lainnya, sebagai contoh dari ruang spasial ke ruang frekuensi (Hayati 2014).

2.3.3. Domain Spatial

Pengolahan citra digital pada domain ini dilakukan dengan memanipulasi nilai piksel secara langsung yang dipengaruhi oleh nilai-nilai piksel lainnya secara spasial. Persamaan dari metode domain spasial adalah sebagai berikut :

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \dots \dots \dots (1)$$

$f(x,y)$ adalah fungsi citra masukan, $g(x,y)$ adalah citra keluaran, sedangkan T adalah operator atas f , yang didefinisikan terhadap kumpulan dari tetangga-tetangga (x,y) (Abdi and Aisyah 2011).

2.3.4. Transform Domain atau Filter Domain Frekuensi

Filter domain frekuensi adalah melakukan peningkatan mutu citra melalui spectrum citra. Adapun langkah dari transform domain adalah (Adang Suhendra 2004) :

1. mengalikan citra input dengan $-1x+y$ untuk menggeser transformasi ketengah yaitu $u = M/2$ dan $v = N/2$ (jika M dan N adalah bilangan bulat, maka koordinat yang digeser akan menjadi integer).
2. Hitung transformasi diskrit Fourier $F(u, v)$ dari citra diatas.
3. Kalikan $F(u, v)$ dengan fungsi filter $H(u, v)$
4. Hitung inverse DFT dari hasil (3).
5. Ambil bagian real dari hasil (4).
6. Kalikan hasil (5) dengan $-1(x + y)$ untuk mengembalikan ke bentuk seperti citra input

2.3.5. Steganografi

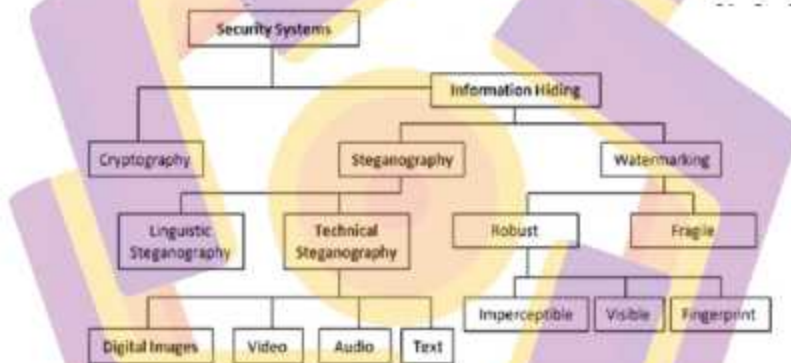
Steganografi berasal dari bahasa Yunani yaitu kata *stegos* yang berarti sembunyi dan *graphia* yang berarti tulisan. Steganografi secara umum memiliki arti ilmu dan seni menyembunyikan suatu fakta untuk berkomunikasi. Dengan menggunakan steganografi, pesan rahasia dapat disisipkan ke dalam sebuah informasi yang tidak mencurigakan dan mengirimkannya tanpa ada yang mengetahui keberadaan dari pesan rahasia tersebut (J.R. Krenn 2004). Dalam era digital ini, steganografi berarti penyisipan pesan dalam bentuk digital ke dalam media digital yang ada. Untuk steganografi terbentuk dari dua macam yaitu pesan digital atau sering disebut dengan *message* yang akan disisipkan dan media tempat penyisipan akan dilakukan. Media tempat penyisipan dapat berupa teks, gambar, suara, dan video. Untuk media gambar, gambar yang dijadikan sebagai citra penampung disebut dengan *cover image*. Penyembunyian pesan yang berupa teks maupun gambar ke dalam citra digital akan mempengaruhi kualitas citra tersebut. Terdapat kriteria-kriteria yang harus diperhatikan dalam penyembunyian data (Yusuf 2011) yaitu :

1. *Bitrate* yaitu jumlah data yang akan disembunyikan haruslah sesuai
2. *Fidelity* yaitu mutu citra penampung tidak jauh berubah
3. *Robustness* yaitu data yang disembunyikan harus tahan terhadap manipulasi yang dilakukan pada citra penampung (seperti perubahan kontras, penajaman, pemampatan, rotasi, perbesaran gambar, pemotongan, enkripsi, dan sebagainya)
4. *Recovery* yaitu data yang disembunyikan harus dapat diungkapkan kembali

Beberapa istilah dalam steganografi yaitu (Munir 2006):

1. *Hiddentext* atau embedded message yaitu pesan atau informasi yang disembunyikan.
2. *Coverttext* atau cover-object yaitu pesan yang digunakan untuk menyembunyikan embedded message.
3. *Stegotext* atau stego-object yaitu pesan yang sudah berisi embedded message.

Berikut klasifikasi dari steganografi dalam security systems (Vijay Kumar Sharma, Dr. Devesh Kr Srivastava 2017).



Gambar 2.1. Klasifikasi Steganografi.

2.3.6. *Discrete Wavelet Transform (DWT)*

Transformasi sinyal merupakan bentuk lain dari penggambaran sinyal yang tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut. Transformasi *wavelet* menguraikan sinyal menjadi seperangkat fungsi basis. Fungsi fungsi ini disebut *wavelet*. *Wavelet* didapatkan dari prototype *wavelet* tunggal yang disebut *mother wavelet* dengan pelebaran dan pemindahan.

Mother wavelet merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet*. Karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* yang digunakan dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan, maka *mother wavelet* juga akan menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet* yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu pencatatan secara teliti terhadap penerapan *wavelet* dan pemilihan yang tepat terhadap *mother wavelet* harus dilakukan agar dapat menggunakan transformasi *wavelet* secara efisien (Hayati 2014)

DWT telah diperkenalkan sebagai metode yang sangat efisien dan fleksibel untuk dekomposisi sinyal sub band. 2D-DWT saat ini ditetapkan sebagai operasi utama dalam pemrosesan gambar. Ini adalah analisis multi-resolusi dan menguraikan gambar menjadi koefisien *wavelet* dan fungsi penskalaan. Dalam *Discrete Wavelet Transform*, energi sinyal berkonsentrasi ke koefisien *wavelet* tertentu. Karakteristik ini berguna untuk mengompres gambar (Gupta and Sidharta Choubey 2015).

Wavelet merubah citra menjadi sekumpulan *wavelet* yang dapat disimpan lebih efisien daripada blok piksel. Wavelet mempunyai tepi yang kasar dan dapat membuat gambar lebih baik dengan menghilangkan "blockiness". Dalam DWT, representasi skala waktu dari sinyal digital diperoleh dengan menggunakan teknik filter digital.

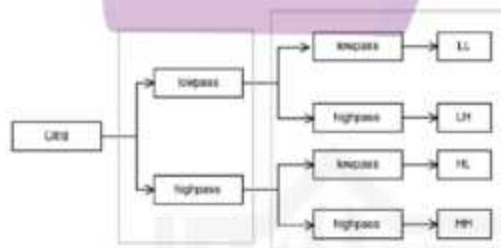
Sinyal yang akan dianalisis dilewatkan melalui filter dengan frekuensi *cutoff* yang berbeda pada skala yang berbeda. DWT 2-D dapat dilihat sebagai skema *wavelet* 1-D yang mentransformasikan sepanjang baris dan kemudian transformasi 1-D *Wavelet* sepanjang kolom. Sedangkan DWT 2-D berkerja dengan cara lurus ke

depan dengan menyisipkan transposisi array antara dua DWT 1-D. Baris-baris array tersebut diproses terlebih dahulu dengan hanya satu tingkat dekomposisi, pada dasarnya membagi array menjadi dua bagian vertikal, dengan bagian pertama menyimpan koefisien rata-rata, sedangkan bagian kedua vertikal menyimpan koefisien detail. Proses ini diulangi lagi dengan kolom, menghasilkan empat buah sub-band dalam array yang ditentukan oleh output filter. Berikut ditunjukkan contoh dekomposisi 2-D DWT dua level pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Dekomposisi 2-D DWT dua level.

Wavelet mempunyai 2 macam filter yaitu *Lowpass Filter* dan *Highpass Filter*. Dalam notasi matlab bagian *Low-Low* (LL) disebut Aproksimasi, bagian *Low-High* (LH) disebut Detail Vertikal, bagian *High-Low* (HL) disebut Detail Horizontal dan bagian *High-High* (HH) disebut Detail Diagonal.



Gambar 2.3. Dekomposisi *Wavelet*

Dari ilustrasi diatas maka cara untuk memperoleh nilai LL, LH, HL, dan HH adalah sebagai berikut:

- LL (Aproksimasi) : Filter *lowpass* terhadap baris kemudian filter *lowpass* terhadap kolom.
- LH (Detail Horizontal): Filter *lowpass* terhadap baris kemudian filter *highpass* terhadap kolom.
- HL (Detail Vertikal): Filter *highpass* terhadap baris kemudian filter *lowpass* terhadap kolom.
- HH (Detail Diagonal): Filter *highpass* terhadap baris kemudian filter *highpass* terhadap kolom.

Untuk mendapatkan kembali sinyal asli dari komponen-komponen detail dan aproksimasi, maka dilakukan proses rekonstruksi. Proses rekonstruksi ini bertujuan untuk menggabungkan semua komponen detail dengan komponen aproksimasi (Vetterli and Herley 1992).

Citra terdiri dari piksel yang tersusun dalam matriks dua dimensi, setiap piksel mewakili ekuivalen digital dari intensitas citra. Proses pada DWT mengubah piksel domain spasial menjadi informasi domain frekuensi yang direpresentasikan dalam beberapa sub-band, mewakili titik frekuensi yang berbeda. (Gupta and Sidharta Choubey 2015).

2.3.7. Discrete Cosine Transformation (DCT)

Discrete Cosine Transform (DCT) atau Transformasi Cosinus Diskrit adalah model Transformasi Fourier yang dikenakan pada fungsi diskrit dengan hanya mengambil bagian cosinus dari eksponensial kompleks, dan hasilnya juga diskrit. DCT merupakan salah satu transformasi yang penting dalam pengolahan sinyal digital. DCT mengubah fungsi dari domain waktu ke domain frekuensi. DCT pertama kali diperkenalkan oleh Ahmad Natarajan dan Rao pada tahun 1974. Discrete Cosine Transform dari sederet n bilangan real $f(n)$, adalah $F(k)$, $k = 1, \dots, N$, dirumuskan sebagai berikut (Hayati 2014):

$$F(k) = \sum_{n=1}^N f(n) \cos(2\pi nk / N) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$k = 1, \dots, N$

Berbeda dengan *Discrete Fourier Transform (DFT)* yang hasilnya berupa variabel kompleks dengan bagian real dan imajiner, maka hasil DCT hanya berupa real tanpa ada imajiner. Hal tersebut banyak membantu karena dapat mengurangi perhitungan. Dalam DCT nilai magnitude adalah hasil dari DCT itu sendiri dan tidak diperlukan *phase* (Hayati 2014)

2.3.8. Least Significant Bit (LSB)

Least Significant Bit merupakan suatu metode untuk menyembunyikan informasi kedalam media pembawa (*Cover*) dengan cara menyisipkan informasi tersebut pada satu bit paling kanan ke piksel file objek (Sari, Sulindawaty, and Sihotang 2017).

Langkah pertama pada LSB adalah perubahan cover dan informasi kedalam bentuk biner. Kemudian pesan dan cover dibagi menjadi 8 buah blok byte yang kemudian langkah selanjutnya merupakan proses penyisipan informasi kedalam Cover. Berikut ilustrasi dari LSB ditunjukkan pada gambar 2.3

11010010 = informasi disisipkan pada bit paling kanan

Gambar 2.3. Penyisipan informasi pada LSB

Space atau ruang yang dibutuhkan pada LSB adalah menyesuaikan dengan jumlah informasi yang akan disisipkan. Maka dari itu LSB tidak bisa menampung pesan ketika besar dari informasi melebihi besar dari Cover, jika informasi berjumlah 10 bit, maka jumlah byte yang digunakan adalah 10 byte. Dimisalkan bentuk biner dari Cover adalah sebagai berikut :

00110011	10100010	10100011	00100110
01011001	01101110	10110101	00010101
11100110	11011010		

Langkah selanjutnya adalah perubahan informasi kedalam bentuk medis, misalkan bentuk biner dari informasi adalah 1110101011, maka hasil dari penyisipan pada algoritma LSB adalah sebagai berikut :

0011001 <u>1</u>	101000 <u>1</u>	101000 <u>1</u>	001001 <u>10</u>
0101100 <u>1</u>	011011 <u>10</u>	1011010 <u>1</u>	0001010 <u>0</u>
1110011 <u>1</u>	1101101 <u>1</u>		

Pada contoh diatas, terlihat hanya ada sedikit perubahan yang terjadi pada Cover yang sudah disisipi pesan, maka dapat disimpulkan bahwa ukuran dan perubahan dari stego image tidak mengalami perubahan besar.

2.3.9. Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

Mean Square Error (MSE) merupakan nilai error kuadrat rata-rata dalam hal ini adalah perbedaan antara citra asli dengan citra rekonstruksi (Zulfikar and Harjoko 2016). Untuk mendapatkan nilai PSNR maka harus menghitung dulu nilai MSE dengan persamaan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (S_{xy} - C_{xy})^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

MSE = Nilai Mean Square Error citra rekonstruksi

M = Panjang hasil citra ekstraksi (dalam pixel)

N = Lebar hasil citra ekstraksi (dalam pixel)

I(x,y) = nilai piksel dari citra asli

I'(x,y) = nilai piksel pada hasil citra ekstraksi

Setelah diperoleh nilai MSE maka nilai PSNR dapat dihitung dari kuadrat nilai maksimum dibagi dengan MSE. PSNR merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya noise yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR diukur menggunakan satuan desibel (dB) (Sahata Pandapotan and Zebua 2016). Dalam penelitian ini MSE dan PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra asli dengan citra rekonstruksi. Secara matematis, PSNR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAXI^2}{MSE} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

MSE = nilai MSE.

MAXi= nilai maksimum dari pixel citra.

Tabel 2.2 Ukuran Nilai PSNR (Signal to Noise Ratio 2009)

PSNR (dB)	Picture Quality
60	<i>Excellent, no noise apparent</i>
50	<i>Good, a small amount of noise but picture quality good</i>
40	<i>Reasonable, fine grain or snow in the picture, some fine detail lost</i>
30	<i>Poor picture with a great deal of noise</i>
20	<i>Unusable</i>

Semakin rendah nilai MSE maka kualitas citra semakin baik, sedangkan pada PSNR, dua buah citra memiliki tingkat kemiripan yang rendah jika nilai PSNR di bawah 30 dB. Nilai PSNR yang wajar pada perbandingan dua berkas citra adalah 30-50 dB (Patel and Dave 2012).

2.3.10. Rekam Medis

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan nomor 269 tahun 2008 tentang Rekam Medis Pasal 1 ayat (1) adalah berkas yang berisi tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, tindakan dan pelayanan lainnya yang telah diberikan kepada pasien. Ada dua jenis Rekam Medis yaitu Rekam Medis yang dibuat secara konvensional (RMK) dan rekam medis yang dibuat secara elektronik (RME).

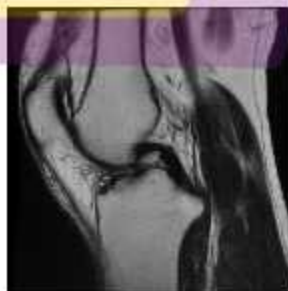
Rekam Medis Elektronik (RME) adalah salah satu adopsi dari perkembangan teknologi dalam pelayanan kesehatan yang bertujuan untuk menyimpan informasi kesehatan pasien secara elektronik mengenai status dan layanan yang tersimpan

sedemikian rupa untuk dapat digunakan sebagai rekam medik yang sah (Shortliffe 2001).

Dalam penggunaannya RME belum ada standar dari penggunaannya termasuk dalam UU ITE yang termuat dalam Undang-Undang nomor 19 tahun 2016, UU ITE hanya mengenal: Dokumen Elektronik yaitu setiap Informasi Elektronik yang dibuat, diteruskan, dikirimkan, diterima, atau disimpan dalam bentuk analog, digital, elektromagnetik, optikal, atau sejenisnya, yang dapat dilihat, ditampilkan, dan/atau didengar melalui Komputer atau Sistem Elektronik, termasuk tetapi tidak terbatas pada tulisan, suara, gambar, peta, rancangan, foto atau sejenisnya, huruf, tanda, angka, Kode Akses, simbol atau perforasi yang memiliki makna atau arti atau dapat dipahami oleh orang yang mampu memahaminya.

RME berbentuk citra dapat juga disebut dengan *Medical Imaging*, yaitu teknik dan proses pembuatan representasi visual dari sistem tubuh manusia yang digunakan untuk analisis klinis dan keperluan medis lainnya, seperti representasi visual dari fungsi organ tubuh ataupun jaringan otot (Wong et al. 1995). Berikut jenis citra medis yang digunakan dalam penelitian ini :

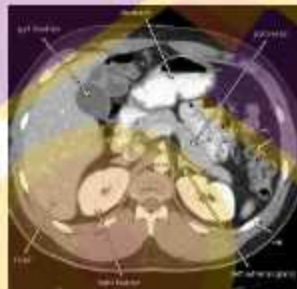
1. Citra *X-Ray Computed Tomography (CT)*



Gambar 2.4. Citra *Computed Tomography*

CT Scan atau *X-Ray* atau yang biasa disebut dengan *Rontgen* merupakan citra yang didapatkan dari kombinasi teknologi rontgen atau *X-Ray* dan sistem komputer khusus. Tujuannya yaitu untuk melihat kondisi tubuh dari berbagai sudut dan potongan yang berbeda. Pada CT scan, pemeriksaan dilakukan pada area dada, perut, saluran kemih, panggul, tungkai, kepala, tulang, dan tulang belakang (Stöppler and Davis 2018).

2. Citra *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)



Gambar 2.5. Citra *Magnetic Resonance Imaging*

Citra MRI merupakan citra hasil pemindaian yang dihasilkan dari organ tubuh manusia dengan menggunakan sinyal magnet yang kuat untuk mempolarisasi dan mengeluarkan inti hidrogen (yaitu, proton tunggal) molekul air dalam jaringan tubuh manusia, menghasilkan sinyal terdeteksi yang dikodekan secara spasial yang menghasilkan gambar tubuh (Brown et al. 2014). MRI digunakan untuk menampilkan gambar struktur dan organ dalam tubuh secara rinci mengenai organ, jaringan lunak, ligamen, dan fitur lain yang lebih sulit dilihat dengan CT scan seperti pemeriksaan pada otak, saraf tulang belakang, jantung, pembuluh darah, payudara, tulang dan sendi, serta organ internal lain.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis, Sifat dan Pendekatan Penelitian

Berikut dijelaskan secara garis besar langkah-langkah yang akan dilakukan secara sistematis, dengan tahapan-tahapan metodologi sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Penelitian dilakukan dengan melakukan studi pustaka, yang didapatkan dari beberapa bahan referensi yang terkait dengan penelitian, seperti buku, artikel ilmiah, jurnal, makalah serta situs di internet yang terkait dengan citra *digital*, *image processing*, steganografi serta algoritma-algoritma yang digunakan pada proses steganografi citra *digital*.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahapan persiapan alat dan bahan, peneliti menggunakan *tools* untuk proses pembuatan *prototype* menggunakan aplikasi MATLAB. Kemudian bahan yang digunakan yaitu dataset berupa citra rekam medis MRI yang dikumpulkan dari DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) pada situs www.dicomlibrary.com yang berjumlah 850 citra medis, serta mengambil dataset citra medis dari mesin pencari (*google*).

3. Pemodelan Sistem

Memodelkan sistem untuk melakukan proses steganografi menggunakan gabungan dari algoritma DWT, DCT dan LSB.

4. Pengujian

Pada tahap pengujian, penelitian ini mencari perbedaan antara citra asli (sebelum proses steganografi) dan citra rekonstruksi (setelah proses steganografi) dengan menggunakan parameter MSE dan PSNR. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menguji dan mengetahui kualitas citra, semakin sedikit perbedaan citra asli dan citra rekonstruksi maka semakin baik pula proses steganografi yang dilakukan.

5. Analisis Hasil

Untuk mengetahui perbandingan antara gabungan algoritma steganografi DWT, DCT dan LSB dengan algoritma perpaduan diantara ketiganya. Hasil presentase kualitas citra dari keseluruhan dataset yang diteliti akan dihitung rata ratanya untuk setiap parameter pengukur kualitas (MSE dan PSNR) yang kemudian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

6. Kesimpulan

Tahapan akhir dari penelitian ini yaitu penyampaian kesimpulan atas hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian mengenai steganografi pada citra medis ini, tentunya dibutuhkan berbagai komponen pendukung untuk kelancaran penelitian. Salah satu komponen yang penting dalam penelitian ini adalah dataset sebagai bahan uji coba. Salah satu bahan uji coba dalam penelitian ini menggunakan *sample image* dataset dari DICOM pada situs www.dicomlibrary.com.

Untuk sampel dataset yang ada terdapat 850 citra medis, serta mengambil citra medis dari mesin pencari (*google*) untuk menambah dataset dari penelitian yang dilakukan.

Sedangkan sampel data informasi medis yang digunakan untuk pengujian dalam steganografi bukan merupakan data rekam medis *real* atau nyata dan masih menggunakan karakter dengan jumlah 100, 1000 dan 5000, dikarenakan data berupa rekam medis pasien bersifat rahasia dan tidak dipublikasikan untuk umum.

3.3. Alur Penelitian

Ada beberapa tahapan dalam melakukan proses steganografi pada citra medis. Tahapan-tahapan tersebut secara garis besar dapat dilihat pada gambar 3.1. Permodelan serta algoritma yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada beberapa referensi dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gambar 3.1. Tahapan Penelitian

3.3.1. Studi Pustaka

Studi Pustaka merupakan kegiatan untuk mempelajari literatur-literatur dan teori yang mendukung dalam melakukan penelitian ini. Studi Pustaka dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai topik penelitian yang terkait dengan topik penelitian yang terkait dengan dengan citra *digital*, *image processing*, steganografi serta algoritma-algoritma yang digunakan pada proses steganografi citra *digital* yang bersumber dari buku, artikel ilmiah, paper, jurnal, laporan penelitian dan atau bahan tertulis lainnya yang berupa teori ilmiah.

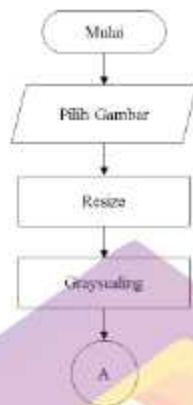
3.3.2. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mendukung implementasi dalam penelitian ini diperlukan adanya perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*) yang digunakan dalam melakukan penelitian :

- a. Processor AMD APU A9-9120 dual core 2,2 GHz Turbo Boost Core 2,5 GHz.
- b. RAM 4 GB DDR 4 2133 MHz.
- c. Harddisk 1 TB
- d. Sistem Operasi Windows 10 Pro 64-bit (Build 1809)
- e. Matlab R2008a

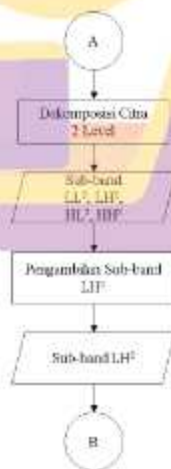
3.3.3. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem untuk melakukan penyisipan data pada citra medis menggunakan gabungan algoritma steganografi DWT, DCT dan LSB dijelaskan melalui gambar 3.2.



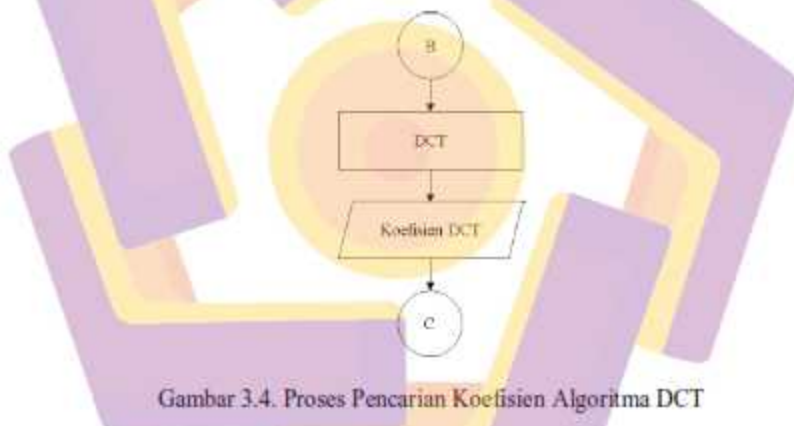
Gambar 3.2 Proses Awal Pengambilan Citra

Pada penelitian ini langkah pertama yang dilakukan adalah preprocessing, penjelasan dari gambar 3.2 yaitu : pertama pemilihan citra cover yang akan disisipi informasi, kemudian perubahan resolusi citra menjadi ukuran 512x512 pixel untuk mengantisipasi citra dengan ukuran besar agar dapat memudahkan perhitungan, setelah citra di *resize*, kemudian citra diubah menjadi citra *grayscale*.



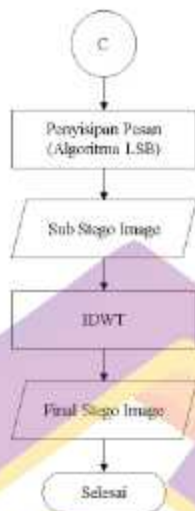
Gambar 3.3. Proses Dekomposisi Citra Algoritma DWT

Dalam penelitian ini, proses dekomposisi pada citra dilakukan sejumlah 2 tingkat pada citra medis, hasil dekomposisi yang akan digunakan untuk proses selanjutnya adalah subband LL^2 yang terlihat seperti citra asli dan tampak lebih halus karena berisi komponen frekuensi rendah dari citra asal. Hasil dari dekomposisi ini adalah sejumlah 4 sub citra dari citra asal, serta ukuran citra menjadi $1/8$ dari ukuran citra aslinya. Sub citra pada posisi kanan atas, kanan bawah dan kiri bawah akan tampak seperti versi kasar dari citra asli karena berisi komponen frekuensi tinggi dari citra asli. Sedangkan untuk bagian kiri atas tampak lebih halus karena berisi komponen frekuensi rendah dari citra asal.



Gambar 3.4. Proses Pencarian Koefisien Algoritma DCT

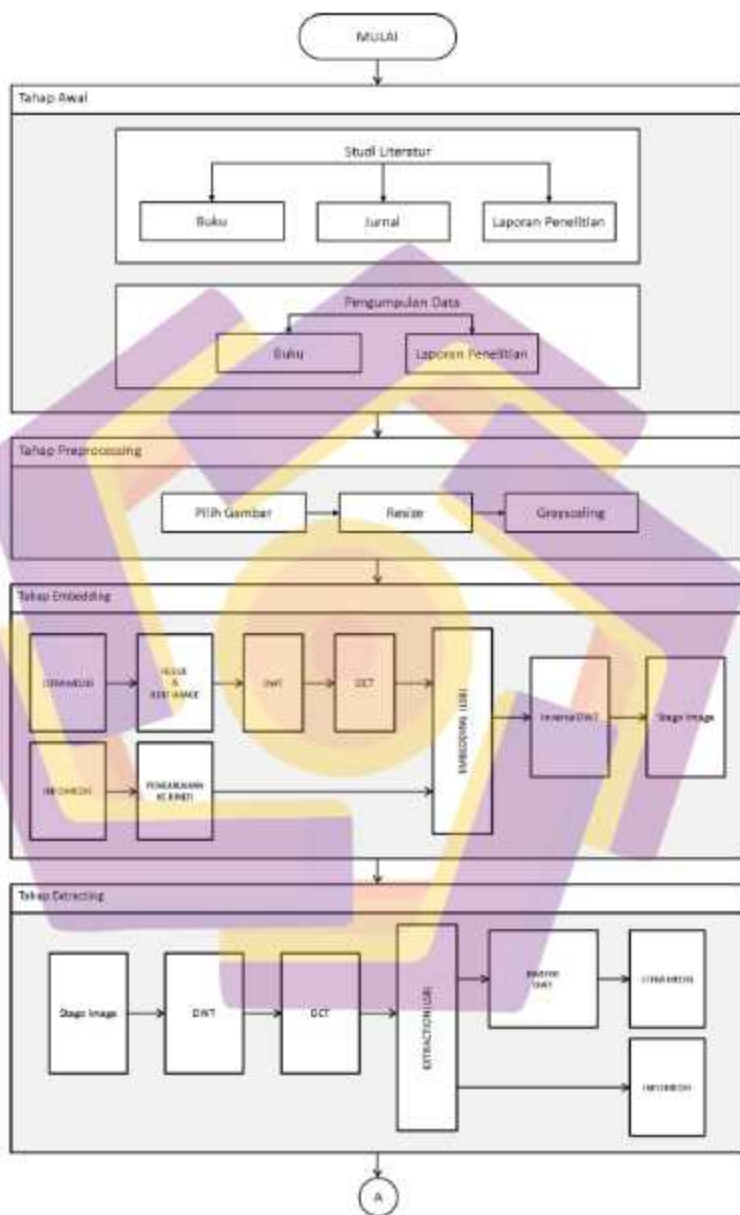
Setelah didapatkan hasil dekomposisi dari algoritma DWT, langkah selanjutnya adalah proses pencarian koefisien menggunakan algoritma DCT pada sub-band LH^2 yang merupakan output dari proses dekomposisi yang ditunjukkan pada gambar 3.3.



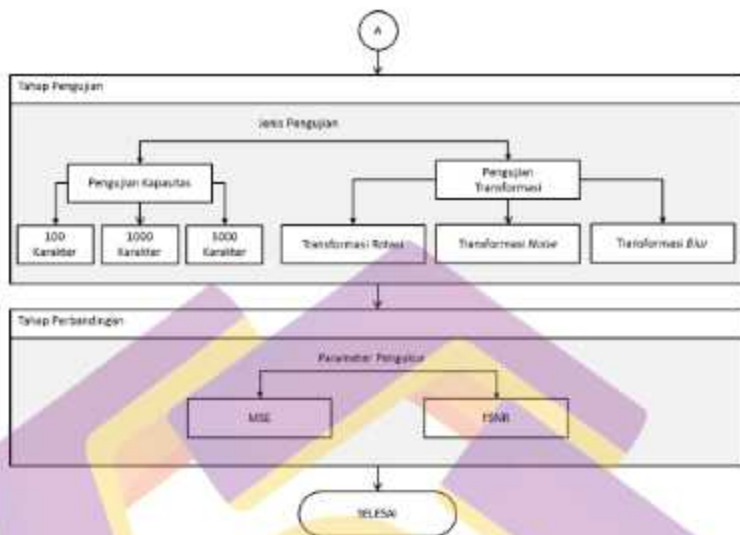
Gambar 3.5. Proses Penyisipan Informasi dan Rekonstruksi Citra

Langkah selanjutnya merupakan langkah penyisipan informasi medis (dalam bentuk biner) kedalam koefisien dari sub-band LH^2 berdasarkan proses DCT pada gambar 3.5 menggunakan algoritma LSB. Setelah didapatkan koefisien DCT yang sudah disisipi informasi medis atau "*Sub Stego Image*", kemudian koefisien tersebut digabungkan dengan citra dekomposisi yaitu sub-band LH^2 . Langkah selanjutnya yaitu proses rekonstruksi citra menggunakan IDWT sebanyak 2 level dan didapatkan "*Final Stego Image*" atau citra yang sudah disisipi informasi dan siap untuk dikirimkan kepada penerima.

Langkah yang dilakukan oleh pihak penerima untuk mengekstraksi pesan sama seperti langkah yang dilakukan pada saat penyisipan pesan yang dilakukan oleh pengirim. Berikut ditampilkan pemodelan sistem secara detail pada gambar 3.6 :



Gambar 3.6. Detail Alur Penelitian



Gambar 3.7. Detail Alur Penelitian (Lanjutan)

Tahapan-tahapan pada gambar 3.6 dan 3.7 tersebut merupakan ringkasan detail dari gambar 3.3, gambar 3.4 dan gambar 3.5. Pemodelan serta algoritma yang digunakan dalam penelitian ini mengambil referensi dari beberapa penelitian yang sudah ada sebelumnya .

Pada gambar 3.6 dan 3.7 terdapat 4 tahapan utama yaitu *preprocessing* dimana dalam tahapan ini langkah pertama memilih citra yang akan digunakan untuk media penyisipan informasi medis, kemudian citra di resize untuk mengantisipasi citra berukuran besar agar citra yang digunakan dapat memudahkan dalam proses penyisipan dan ekstraksi informasi medis, setelah citra di resize sesuai ukura, akan dilakukan proses *grayscale* citra. Kemudian dalam tahap *embedding* merupakan tahap untuk menyisipkan informasi kedalam citra medis. Dalam tahap *Extracting* akan dilakukan proses ekstraksi pesan dari stego image, langkah pertama yang

dilakukan yaitu proses dekomposisi citra menggunakan algoritma DWT sebanyak 2 tingkat, kemudian lakukan algoritma DCT pada subband LL^2 yang dihasilkan oleh dekomposisi algoritma DWT untuk proses ekstraksi pesan, kemudian lakukan proses IDWT untuk mendapatkan citra asli. Tahap selanjutnya adalah tahap pengujian, ada dua macam pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kapasitas dan pengujian transformasi, untuk pengujian kapasitas dibedakan menjadi tiga macam yaitu pengujian 100, 1000 dan 5000 karakter teks. Sedangkan untuk pengujian transformasi ada tiga jenis transformasi yang digunakan yaitu transformasi rotasi, transformasi *noise* dan transformasi *blur*. Kemudian pada tahap perbandingan akan dilakukan proses perbandingan antara citra asli (Sebelum disisipi informasi) dan citra rekonstruksi (Setelah ekstraksi pesan) menggunakan parameter MSE dan PSNR.

3.3.4. Pengujian

Pengukuran akurasi dan performance suatu penelitian sangat penting hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi seberapa tinggi tingkat akurasi dan membandingkan kualitas dari beberapa algoritma yang diajukan. Begitu juga dengan penelitian ini untuk dapat melihat seberapa tinggi tingkat akurasi dari algoritma yang digunakan, maka akan dihitung perbandingan kualitas antara citra asli dan citra rekonstruksi dengan menggunakan 2 buah parameter yaitu parameter MSE dan PSNR, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7. Citra dengan kualitas yang tinggi dalam penelitian ini adalah citra rekonstruksi yang mempunyai kemiripan tinggi dengan citra asli.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses analisis pada penelitian ini menggunakan sebuah prototype sederhana menggunakan bahasa pemrograman matlab untuk proses penyisipan, ekstraksi serta pengambilan nilai PSNR dan MSE. Langkah-langkah proses penelitian yang tergambar pada alur penelitian di bab 3 dijelaskan secara detail di bab 4 per sub-bab sebagai berikut :

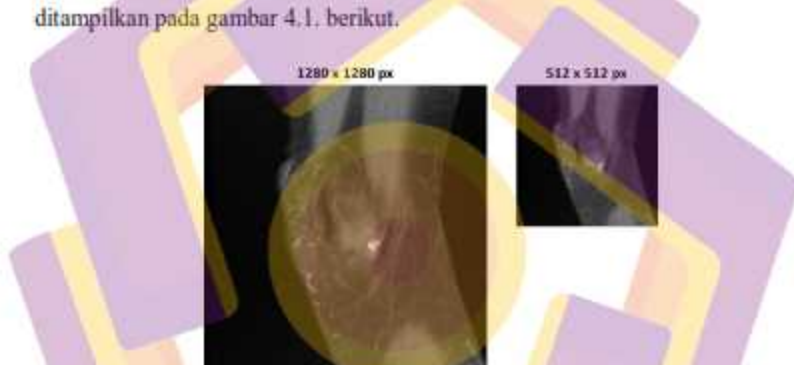
4.1. Tahap Awal

Pada tahap awal dalam penelitian ini penulis melakukan Studi Literatur dan pengumpulan data. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan para peneliti terdahulu ada beberapa algoritma yang bisa digunakan untuk melakukan steganografi pada sebuah citra medis. Pada penelitian ini akan membandingkan antara algoritma DWT, DCT dan LSB dan perpaduan antara algoritma tersebut dalam melakukan steganografi pada citra medis dari segi akurasi dan kualitas citra rekonstruksi.

Dalam studi literatur ini penulis mengambil bahan penelitian terdahulu dari jurnal, dan laporan penelitian (dijelaskan pada bab 2 tinjauan pustaka dan dalam tabel 2.2. Matriks Literatur Review), serta data citra rekam medis MRI yang dikumpulkan dari dataset dari DICOM pada situs www.dicomlibrary.com yang berjumlah 850 citra medis, serta mengambil dataset citra medis dari mesin pencari (*google*).

4.2. Pre-Processing

Tahap *Pre-Processing* dilakukan dengan memilih sejumlah citra untuk dilakukan analisa. Citra yang terpilih selanjutnya akan dilakukan proses *resize* menjadi 512px x 512px proses *resize* dilakukan dengan menggunakan standar ukuran maksimal 512px baik tinggi ataupun lebarnya. Tujuan dilakukan *resize* adalah untuk mempermudah proses perhitungan karena pixel yang dibaca lebih sedikit dibandingkan ukuran citra asli. Berikut citra yang sudah di *resize* ditampilkan pada gambar 4.1. berikut.

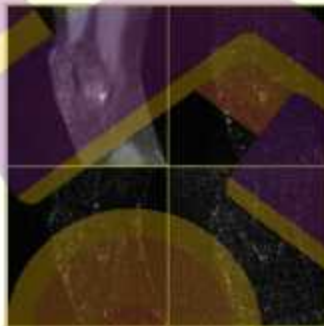


Gambar 4.1. Citra *Resize* dari ukuran 1280 x 1280 px menjadi 512 x 512 px.

Kemudian citra yang sudah di *resize* kemudian diterapkan *grayscale*, karena dalam penelitian ini citra yang digunakan adalah citra medis yang ketika dilihat secara visual indra penglihatan manusia mempunyai warna tidak jauh berbeda dari citra *grayscale*. Maka dari itu perbedaan citra medis berupa citra *truecolor* dan citra *grayscale* tidak terlalu berpengaruh untuk hasil penelitian.

4.3. *Embedding*

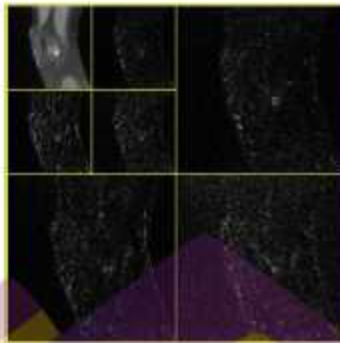
Langkah pertama dalam proses penyisipan pesan kedalam citra medis adalah dekomposisi citra yang akan disisipi pesan. Langkah ini dilakukan dengan menggunakan algoritma DWT dengan cara mendekomposisi citra menjadi empat bagian frekuensi: LL^1 , HL^1 , LH^1 dan HH^1 . Seperti ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Bagian Frekuensi Algoritma DWT 1 Level

Low Pass atau *Low Frequency Component* adalah piksel pembentuk warna gradasi pada sebuah citra. Sedangkan *High Pass* atau bisa disebut *High Frequency Component* adalah tepi yang membentuk detail dari citra.

Kemudian lakukan kembali DWT pada bagian frekuensi LL^1 untuk mendapatkan 4 bagian frekuensi yang lebih kecil yaitu: LL^2 , HL^2 , LH^2 dan HH^2 .

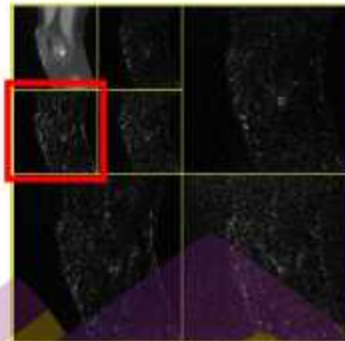


Gambar 4.3. Bagian Frekuensi Algoritma DWT 2 Level

Setelah didapatkan 4 bagian frekuensi yang lebih kecil lagi, maka diterapkan algoritma DCT pada sub-band LH^2 sebagai langkah untuk mendapatkan koefisien sebagai titik dimana informasi medis akan disisipkan menggunakan algoritma LSB. Kemudian setelah informasi medis berhasil disisipkan, langkah selanjutnya yaitu menerapkan *Inverse* DWT sebanyak 2 level untuk merekonstruksi citra yang telah disisipi pesan.

4.4. *Extraction*

Setelah didapatkan citra yang sudah disisipi pesan, langkah pertama yang dilakukan yaitu penerapan algoritma DWT sebanyak 2 level seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3, untuk mendapatkan LL^2 , HL^2 , LH^2 dan HH^2 . Kemudian untuk mengekstraksi pesan yang disisipkan pada citra, langkah yang dilakukan yaitu menggunakan algoritma DCT pada bagian frekuensi LH^2 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 untuk mendapatkan titik dimana informasi tersebut disisipkan.



Gambar 4.5. Letak penerapan algoritma DCT

Pesan dapat diambil setelah proses ekstraksi pesan pada frekuensi LH^2 yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Kemudian menerapkan *Inverse* DWT sebanyak 2 level untuk mendapatkan kembali citra asli.

4.5. Hasil Penelitian

Pada tahap ini, dilakukan pengujian persentase akurasi kualitas citra rekonstruksi setelah dilakukan proses ekstraksi pada steganografi menggunakan algoritma DWT, DCT dan LSB.

Pengujian pada penelitian ini akan membandingkan algoritma steganografi DWT, DCT dan LSB dengan perpaduan antara ketiga algoritma tersebut dalam proses steganografi. Pengelompokan pengujian berdasarkan jenis transformasi yang digunakan. Jenis transformasi pertama yang di terapkan pada penelitian ini adalah tanpa transformasi, transformasi rotasi, transformasi noise, dan transformasi blur. Kemudian dilakukan perbandingan antara citra asli (sebelum disisipi informasi) dan citra rekonstruksi (setelah ekstraksi informasi) dengan menggunakan 2 buah parameter yaitu MSE dan PSNR. Citra dengan kualitas yang

tinggi dalam penelitian ini adalah citra rekonstruksi yang mempunyai kemiripan tinggi dengan citra asli.


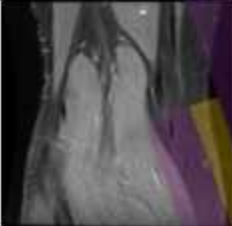

2.3.1. Tanpa Transformasi

Pengujian yang pertama adalah pengujian algoritma tanpa transformasi citra, pada pengujian ini algoritma pada penelitian ini yaitu gabungan dari DWT, DCT dan LSB akan diuji pada citra medis dengan menggunakan tiga buah skenario berdasarkan jumlah karakter yang dimasukkan, antara lain 100 karakter, 1000 karakter dan 5000 karakter.

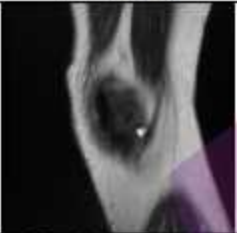
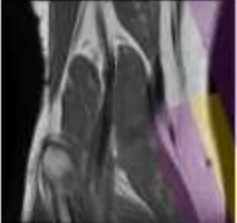
4.5.1.1. Pengujian dengan 100 buah karakter teks

Dalam pengujian ini dimasukkan data berupa teks berjumlah 100 karakter. Berikut ditampilkan hasil pengujian penyisipan informasi berupa teks ke dalam citra medis dengan jumlah karakter sebesar 100 karakter yang ditunjukkan pada tabel 4.1 :

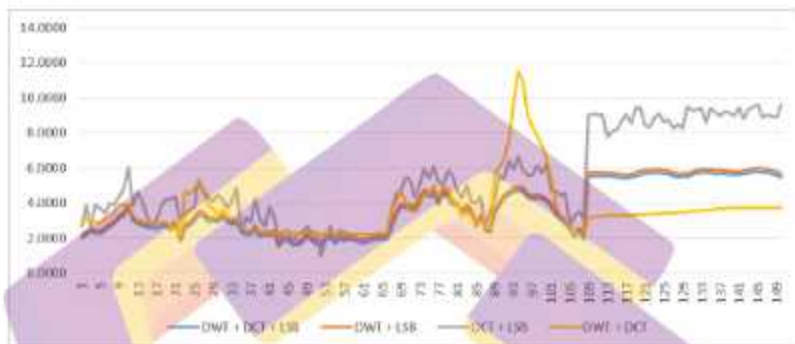
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Steganografi dengan 100 karakter teks

No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
1		DWT +DCT + LSB	1.4617	46.9419
		DWT+LSB	2.0089	46.9491
		DCT+LSB	1.2937	29.6320
		DWT+DCT	2.6889	46.8241
2		DWT +DCT + LSB	1.1220	45.0789
		DWT+LSB	2.5656	45.0825
		DCT+LSB	2.4952	26.8910
		DWT+DCT	3.7246	41.9575
3		DWT +DCT + LSB	2.3840	45.0580
		DWT+LSB	3.2890	45.0669
		DCT+LSB	2.1040	27.4896
		DWT+DCT	3.4141	42.9449

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Steganografi dengan 100 karakter teks (Lanjutan)

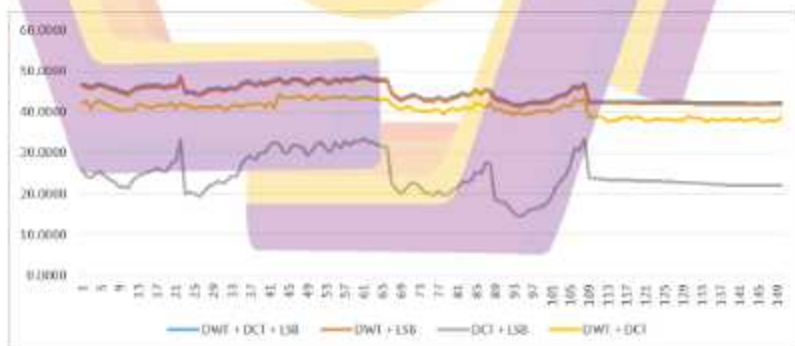
No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
4		DWT +DCT + LSB	1.3168	44.7787
		DWT+LSB	2.6189	44.7830
		DCT+LSB	3.8862	24.8262
		DWT+DCT	2.6640	39.6580
5		DWT +DCT + LSB	1.6880	43.6035
		DWT+LSB	3.4811	43.6104
		DCT+LSB	4.8917	23.8303
		DWT+DCT	3.5062	36.5524

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.1 diketahui bahwa ada perbedaan pada kualitas citra dilihat dari parameter MSE dan PSNR. Untuk presentase kualitas citra pada masing masing algoritma disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.6 :



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Parameter MSE

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa hasil rekonstruksi citra berdasarkan parameter MSE terlihat bervariasi dengan hasil MSE terendah yaitu gabungan dari algoritma DWT + DCT + LSB dengan rata-rata sebesar 3.6324.



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Parameter PSNR

Serta grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4.7 terlihat bahwa kombinasi algoritma DWT + DCT + LSB untuk penyisipan data sejumlah 100 karakter mempunyai selisih dengan algoritma yang lain. Dari kedua parameter MSE dan PSNR diatas dapat dilihat bahwa penyisipan teks kedalam citra medis sebanyak 100 karakter dapat dilakukan dengan baik dan dapat di ekstraksi dengan sempurna. Berikut ditampilkan rata rata penyisipan informasi kedalam citra medis pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2. Rata Rata parameter MSE dan PSNR

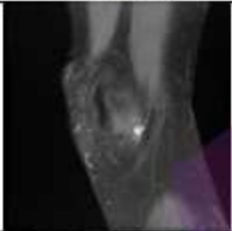
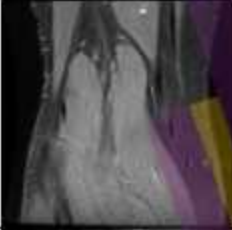
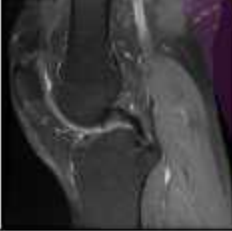
	DWT+DCT+LSB	DWT+LSB	DCT+LSB	DWT+DCT
MSE	3.6324	3.8280	5.2794	3.6394
PSNR	44.7670	44.2725	24.4243	40.6864

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa diantara beberapa kombinasi dari algoritma algoritma yang digunakan mempunyai hasil tertinggi untuk parameter PSNR adalah menggunakan Kombinasi Algoritma DWT+DCT+LSB sebesar 44.7670 dB, dan parameter MSE terendah adalah algoritma DWT+DCT+LSB dengan nilai 3.6324.


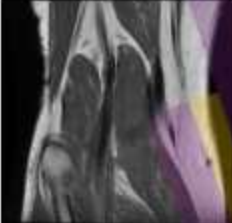
4.5.1.2. Pengujian dengan 1000 buah karakter teks

Berikut ditampilkan hasil pengujian penyisipan informasi berupa teks ke dalam citra medis dengan jumlah karakter sebesar 1000 karakter yang ditunjukkan pada tabel 4.2 :

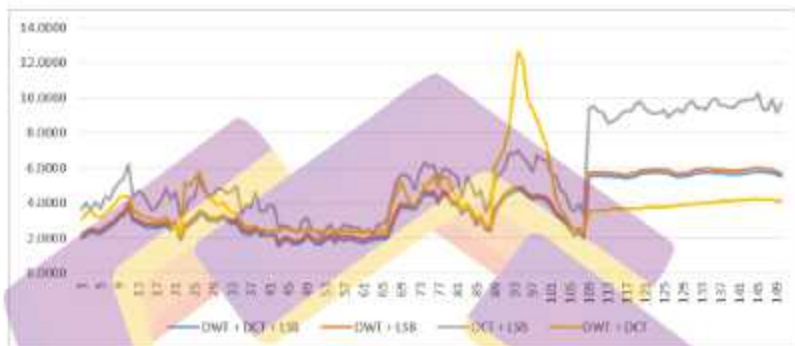
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Steganografi dengan 1000 karakter teks

No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
1		DWT +DCT + LSB	2.0011	46.9200
		DWT+LSB	2.0266	46.9223
		DCT+LSB	1.2937	29.6320
		DWT+DCT	3.7066	45.8973
2		DWT +DCT + LSB	1.1225	45.0590
		DWT+LSB	2.5811	45.0642
		DCT+LSB	2.4952	26.8910
		DWT+DCT	4.4241	41.0392
3		DWT +DCT + LSB	2.8993	45.0436
		DWT+LSB	3.3042	45.0523
		DCT+LSB	2.1040	27.4896
		DWT+DCT	3.0791	43.0273

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Steganografi dengan 1000 karakter teks (Lanjutan)

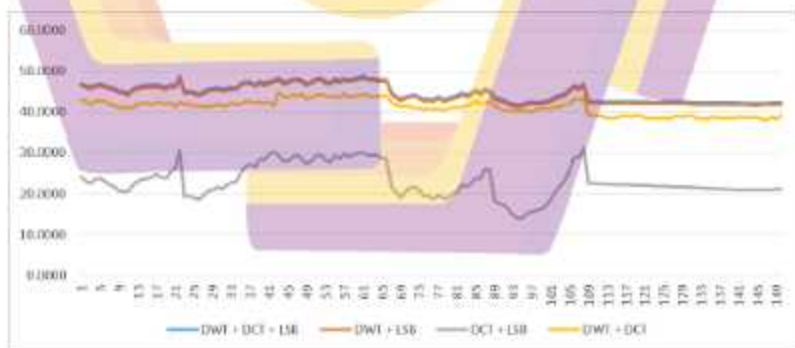
No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
4		DWT +DCT + LSB	1.3173	44.7621
		DWT+LSB	2.6340	44.7661
		DCT+LSB	3.8862	24.8262
		DWT+DCT	2.6891	39.7411
5		DWT +DCT + LSB	1.6885	43.5897
		DWT+LSB	3.4972	43.5962
		DCT+LSB	4.8917	23.8303
		DWT+DCT	3.5523	36.4682

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.3 diketahui bahwa ada perbedaan pada kualitas citra dilihat dari parameter MSE dan PSNR. Untuk presentase kualitas citra pada masing masing algoritma disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.8 :



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Parameter MSE

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa hasil rekonstruksi citra berdasarkan parameter MSE terlihat bervariasi dengan hasil MSE terendah yaitu gabungan dari algoritma DWT + DCT + LSB dengan rata-rata sebesar 3.6478.



Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Parameter PSNR

Dari kedua parameter MSE dan PSNR diatas dapat dilihat bahwa penyisipan teks kedalam citra medis sebanyak 1000 karakter dapat dilakukan dengan baik dan dapat di ekstraksi dengan sempurna. Berikut ditampilkan rata rata penyisipan informasi kedalam citra medis pada tabel 4.4 :

Tabel 4.4. Rata Rata parameter MSE dan PSNR

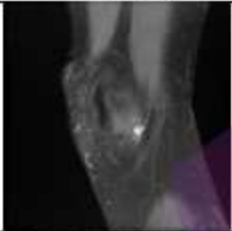
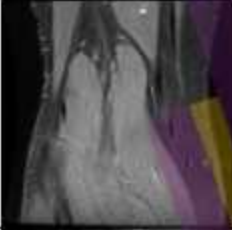
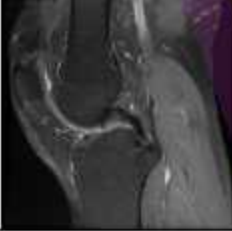
	DWT+DCT+LSB	DWT+LSB	DCT+LSB	DWT+DCT
MSE	3.6478	3.8437	5.7655	3.8916
PSNR	44.7513	44.2565	23.0180	41.1724

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa diantara beberapa kombinasi dari algoritma algoritma yang digunakan mempunyai hasil tertinggi untuk parameter PSNR adalah menggunakan Kombinasi Algoritma DWT+DCT+LSB sebesar 44.7513 dB, dan parameter MSE terendah adalah algoritma DWT+DCT+LSB dengan nilai 3.6478.


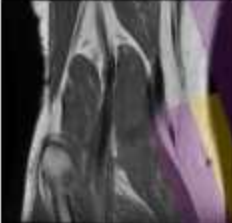
4.5.1.3. Pengujian dengan 5000 buah karakter teks

Berikut ditampilkan hasil pengujian penyisipan informasi berupa teks ke dalam citra medis dengan jumlah karakter sebesar 5000 karakter yang ditunjukkan pada tabel 4.2 :

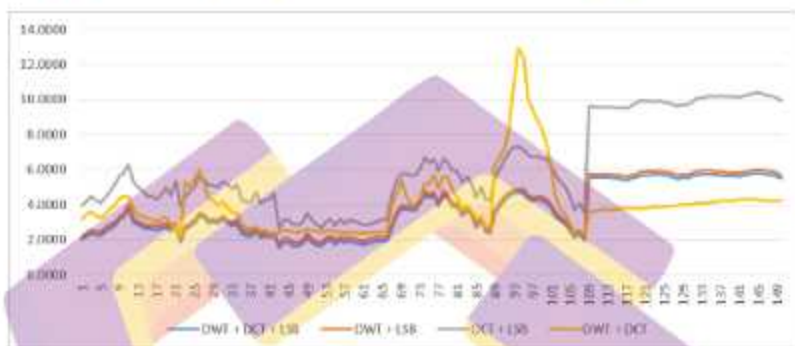
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Steganografi dengan 5000 karakter teks

No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
1		DWT +DCT + LSB	2.0011	46.9200
		DWT+LSB	2.0267	46.9226
		DCT+LSB	1.2937	29.6320
		DWT+DCT	3.9767	43.8976
2		DWT +DCT + LSB	1.1225	45.0614
		DWT+LSB	2.5765	45.0693
		DCT+LSB	2.4952	26.8910
		DWT+DCT	4.4790	40.0443
3		DWT +DCT + LSB	3.9085	45.0440
		DWT+LSB	3.3050	45.0517
		DCT+LSB	2.1040	27.4896
		DWT+DCT	3.5301	42.8567

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Steganografi dengan 5000 karakter teks (Lanjutan)

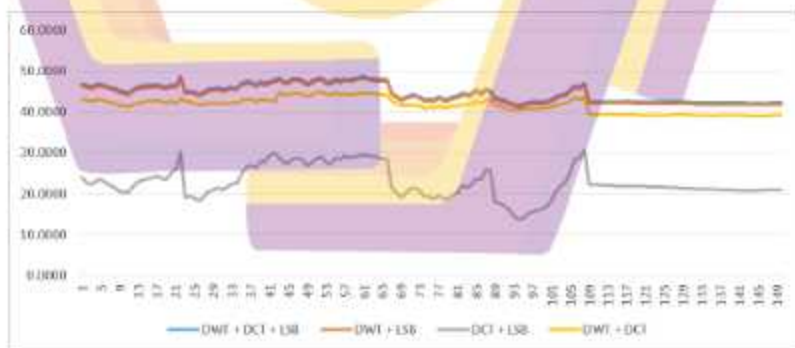
No	Citra Medis	Algoritma	MSE	PSNR (desibel dB)
4		DWT +DCT + LSB	1.3173	44.7626
		DWT+LSB	2.6320	44.7683
		DCT+LSB	3.8862	24.8262
		DWT+DCT	2.7571	39.7193
5		DWT +DCT + LSB	1.6885	43.5897
		DWT+LSB	3.4988	43.5949
		DCT+LSB	4.8917	23.8303
		DWT+DCT	3.5839	36.3599

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.5 diketahui bahwa ada perbedaan pada kualitas citra dilihat dari parameter MSE dan PSNR. Untuk presentase kualitas citra pada masing masing algoritma disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.10 :



Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Parameter MSE

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa hasil rekonstruksi citra berdasarkan parameter MSE terlihat bervariasi dengan hasil MSE terendah yaitu gabungan dari algoritma DWT + DCT + LSB dengan rata-rata sebesar 3.6475.



Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Parameter PSNR

Dari kedua parameter MSE dan PSNR diatas dapat dilihat bahwa penyisipan teks kedalam citra medis sebanyak 5000 karakter dapat dilakukan dengan baik dan dapat di ekstraksi dengan sempurna. Berikut ditampilkan rata rata penyisipan informasi kedalam citra medis pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6. Rata Rata parameter MSE dan PSNR


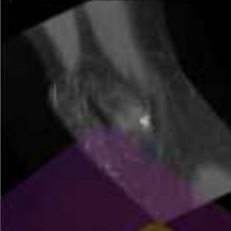


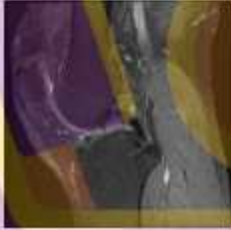

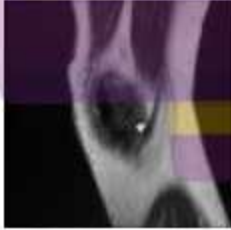

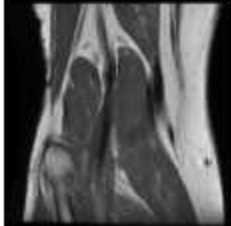
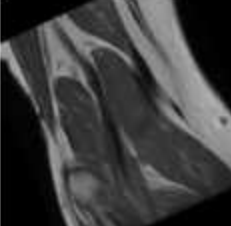
	DWT+DCT+LSB	DWT+LSB	DCT+LSB	DWT+DCT
MSE	3.6475	3.8435	6.2156	4.0793
PSNR	44.7516	44.2566	22.7517	41.6226

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa diantara beberapa kombinasi dari algoritma algoritma yang digunakan mempunyai hasil tertinggi untuk parameter PSNR adalah menggunakan Kombinasi Algoritma DWT+DCT+LSB sebesar 44,7516 dB, dan parameter MSE terendah adalah algoritma DWT+DCT+LSB dengan nilai 3.6475.

2.3.2. Transformasi Rotasi

Pada pengujian yang kedua, jenis transformasi yang digunakan adalah transformasi rotasi sebanyak 25° dengan hanya menggunakan pengujian dengan jumlah data sebanyak 5000 karakter, dikarenakan banyaknya karakter tidak terlalu mempengaruhi hasil dari parameter MSE dan PSNR. Berikut ditampilkan hasil sampel data pengujian dari transformasi rotasi dengan data masukan sebanyak 5000 karakter :

Tabel 4.7. Transformasi Rotasi

No	Citra Asli	Citra Rekonstruksi	MSE	PSNR (dB)
1			2.1302	31.0624
2			1.8147	28.8950
3			1.2567	30.2066
4			3.1966	25.7421
5			1.6885	25.0100

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan transformasi rotasi sebesar 25° sangat mempengaruhi hasil dari parameter MSE dan PSNR. Berikut ditampilkan perbedaan hasil MSE antara pengujian tanpa transformasi dengan transformasi rotasi pada gambar 4.12 :



Gambar 4.12. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi Rotasi

Pada gambar 4.12 dapat dilihat bahwa hasil penelitian dengan transformasi rotasi mempunyai rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa transformasi.



Gambar 4.13. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi Rotasi

Kemudian untuk hasil rata-rata parameter PSNR untuk transformasi rotasi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa transformasi. Hasil rata-rata PSNR dari pengujian dengan transformasi rotasi adalah sebesar 29.2653 dB sedangkan untuk pengujian dengan tanpa rotasi mempunyai rata rata nilai PSNR sebesar 45.5785 dB.

Tabel 4.8. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi Rotasi.






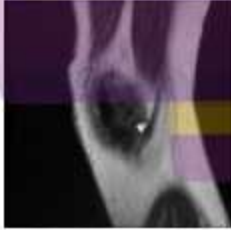

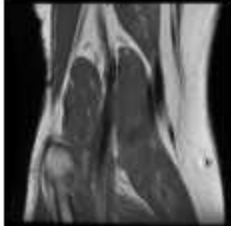
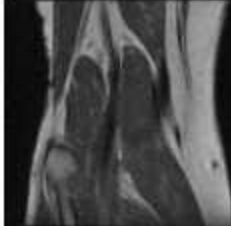
No	Jenis Transformasi	MSE	PSNR
1	Tanpa Transformasi	3.6475	44.7516
2	Transformasi Rotasi	4.1479	28.9922

Dari tabel 4.8 disimpulkan bahwa perbandingan hasil parameter MSE dan PSNR berbanding terbalik, semakin tinggi nilai MSE maka semakin rendah nilai PSNR nya.

2.3.3. Transformasi Noise

Pada pengujian yang kedua, jenis transformasi yang digunakan adalah transformasi *noise* dengan hanya menggunakan pengujian dengan jumlah data sebanyak 5000 karakter seperti pengujian pada transformasi Rotasi, dikarenakan banyaknya karakter tidak terlalu mempengaruhi hasil dari parameter MSE dan PSNR. Berikut ditampilkan hasil sampel data pengujian dari transformasi *noise* dengan data masukan sebanyak 5000 karakter :

Tabel 4.9. Transformasi *Noise*

No	Citra Asli	Citra Rekonstruksi	MSE	PSNR (dB)
1			2.7535	34.2343
2			1.1768	32.7273
3			3.4294	33.4181
4			1.3723	32.8199
5			0.7180	32.0827

Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan menambahkan noise pada citra tidak terlalu mempengaruhi hasil dari parameter MSE dan PSNR. Berikut ditampilkan perbedaan hasil MSE antara pengujian tanpa transformasi dengan transformasi *noise* pada gambar 4.14 :



Gambar 4.14. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi *Noise*.

Pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa hasil penelitian di antara kedua transformasi mempunyai nilai MSE yang tidak terlalu berbeda jauh.



Gambar 4.15. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi *Noise*

Kemudian untuk hasil rata-rata parameter PSNR untuk transformasi *Noise* lebih rendah dibandingkan dengan tanpa transformasi. Hasil rata-rata PSNR dari pengujian dengan transformasi *Noise* adalah sebesar 33.7099 dB sedangkan untuk pengujian dengan tanpa *Noise* mempunyai rata rata nilai PSNR sebesar 45.5785 dB seperti yang ada pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi *Noise*.


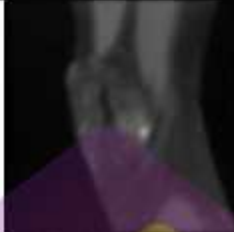


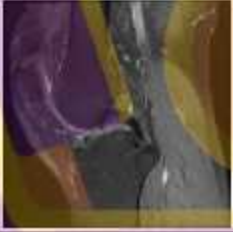

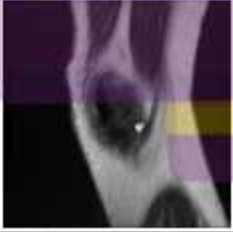

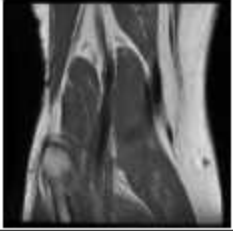
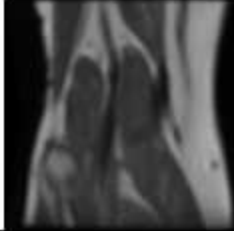
No	Jenis Transformasi	MSE	PSNR
1	Tanpa Transformasi	3.6475	44.7670
2	Transformasi <i>Noise</i>	3.9095	33.4904

Dari tabel 4.10 disimpulkan bahwa perbandingan hasil rata rata kedua buah parameter untuk citra dengan transformasi *Noise* meningkatkan nilai MSE dan menurunkan nilai PSNR menandakan bahwa kualitas citra menurun dikarenakan ditambahkan *noise* pada citra.

2.3.4. Transformasi *Blur*

Pada pengujian yang ketiga, jenis transformasi yang digunakan adalah transformasi *blur* dengan hanya menggunakan pengujian dengan jumlah data sebanyak 5000 karakter seperti pengujian sebelumnya. Berikut ditampilkan hasil sampel data pengujian dari transformasi *Blur* dengan data masukan sebanyak 5000 karakter :

Tabel 4.11. Transformasi *Blur*

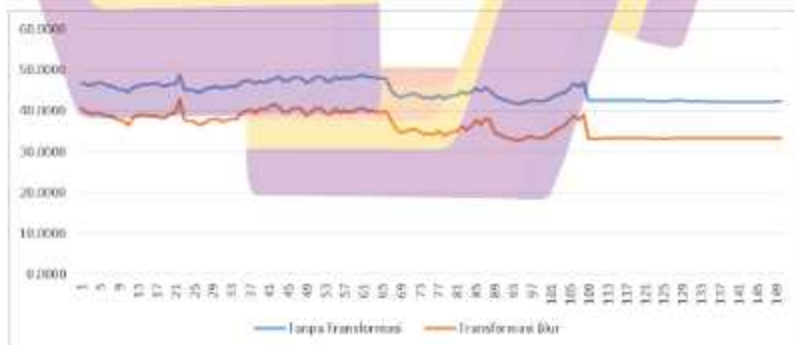
No	Citra Asli	Citra Rekonstruksi	MSE	PSNR (dB)
1			2.8856	40.6184
2			1.1580	37.7486
3			3.3392	37.5851
4			1.3562	37.3026
5			1.7741	34.6039

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa hasil pengujian dengan menambahkan filter blur pada citra tidak terlalu mempengaruhi hasil dari parameter MSE dan PSNR. Berikut ditampilkan perbedaan hasil MSE antara pengujian tanpa transformasi dengan transformasi *blur* pada gambar 4.16 :



Gambar 4.16. Hasil Parameter MSE untuk Transformasi *Blur*

Pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa hasil penelitian di antara kedua transformasi mempunyai nilai MSE yang tidak terlalu berbeda jauh.



Gambar 4.17. Hasil Parameter PSNR untuk Transformasi *Blur*

Kemudian untuk hasil rata-rata parameter PSNR untuk transformasi *Blur* lebih rendah dibandingkan dengan tanpa transformasi. Hasil rata-rata PSNR dari pengujian dengan transformasi *Blur* adalah sebesar 37.7039 dB sedangkan untuk pengujian dengan tanpa rotasi mempunyai rata rata nilai PSNR sebesar 45.5785 dB seperti yang ada pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12. Perbandingan hasil rata-rata Transformasi *Blur*.

No	Jenis Transformasi	MSE	PSNR
1	Tanpa Transformasi	3.6475	44.7670
2	Transformasi <i>Blur</i>	4.1080	36.4843

Dari tabel 4.12 disimpulkan bahwa perbandingan hasil rata rata kedua buah parameter untuk citra dengan transformasi *Blur* meningkatkan nilai MSE dan menurunkan nilai PSNR menandakan bahwa kualitas citra menurun dikarenakan ditambahkan filter *Blur* pada citra.

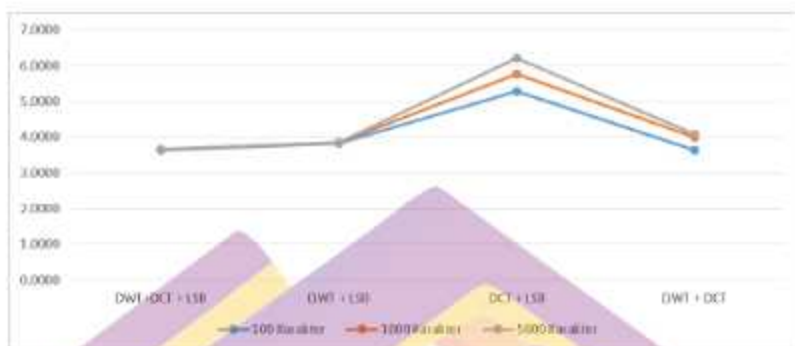
4.6. Perbandingan Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian berdasarkan ukuran karakter yang dimasukkan kedalam citra, maka hasil dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk kualitas citra berdasarkan parameter MSE dan PSNR :

Tabel 4.13. Hasil Pengujian parameter MSE

Pengujian	Algoritma				Hasil MSE Terendah
	DWT+DCT+LSB	DWT+LSB	DCT+LSB	DWT+DCT	
100 Karakter	3.6324	3.8280	5.2794	3.6394	DWT+DCT+LSB
1000 Karakter	3.6478	3.8437	5.7655	3.9916	DWT+DCT+LSB
5000 Karakter	3.6475	3.8435	6.2156	4.0793	DWT+DCT+LSB

Data pada tabel 4.13. juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.18 :



Gambar 4.18. Hasil Pengujian Kapasitas Parameter MSE

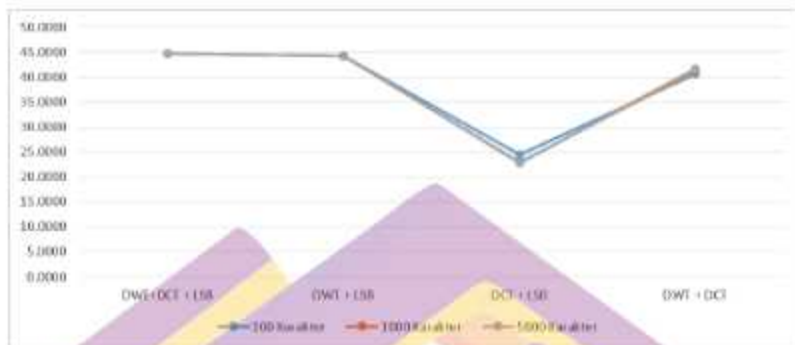
Jumlah data atau informasi yang disisipkan kedalam citra medis tidak terlalu mempengaruhi terhadap perhitungan dari parameter MSE terlihat dari gambar 4.18 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak informasi yang disisipkan kedalam citra maka nilai MSE akan menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda.

Untuk pengujian parameter PSNR ditampilkan pada tabel 4.14 :

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Kapasitas parameter PSNR

Pengujian	Algoritma				Hasil PSNR Tertinggi
	DWT+DCT+LSB	DWT+LSB	DCT+LSB	DWT+DCT	
100 Karakter	44.7670	44.2725	24.4243	40.6864	DWT+DCT+LSB
1000 Karakter	44.7513	44.2565	23.0180	41.1724	DWT+DCT+LSB
5000 Karakter	44.7516	44.2566	22.7517	41.6226	DWT+DCT+LSB

Data pada tabel 4.14. juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.19 :



Gambar 4.19. Hasil Pengujian Kapasitas Parameter PSNR.

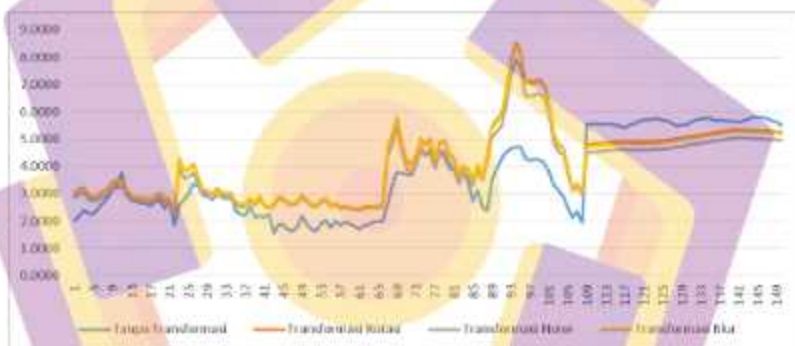
Hasil dari perhitungan parameter PSNR kemudian dicari rata-rata untuk perbedaan data yang dimasukkan kedalam citra akan dihitung rata-rata dari masing-masing skenario. Kemudian setelah didapatkan nilai rata-rata PSNR-nya, maka dapat disimpulkan bahwa nilai PSNR dipengaruhi juga oleh jumlah data yang disisipkan kedalam citra tetapi tidak terlalu signifikan.

Hasil pengujian selanjutnya yaitu pengujian dengan menggunakan transformasi berupa transformasi rotasi, transformasi *noise* dan transformasi *blur* akan dibandingkan dengan pengujian tanpa transformasi yang sudah dilakukan. Jumlah karakter yang dimasukkan kedalam citra berdasarkan pengujian kapasitas steganografi adalah sejumlah 5000 karakter, jumlah tersebut juga yang menjadi dasar pengujian untuk ketiga buah jenis transformasi yang sudah diujikan, dikarenakan jumlah karakter tidak terlalu mempengaruhi nilai MSE dan PSNR dari perbandingan citra asli dan citra rekonstruksi. Berikut perbandingan dari pengujian yang sudah dilakukan ditunjukkan pada tabel 4.15 dibawah ini :

Tabel 4.15. Rata-Rata Hasil Pengujian Dengan Transformasi

Parameter	Tanpa Transformasi	Transformasi Rotasi	Transformasi Noise	Transformasi Blur
MSE	3.6475	4.1479	3.9095	4.1080
PSNR	44.7516	28.9922	33.4904	36.4843

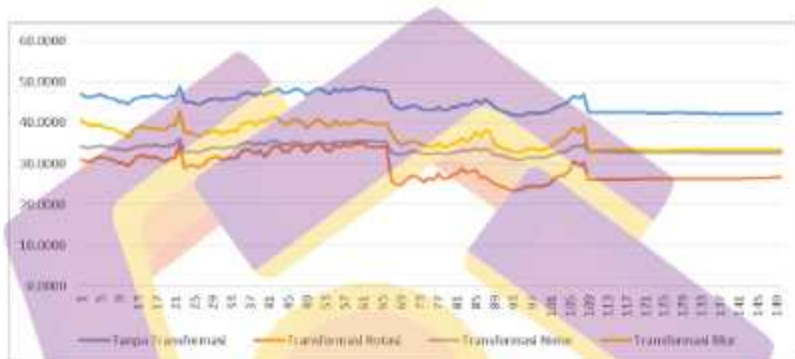
Dari tabel 4.15 dapat dilihat bahwa pengujian menggunakan transformasi akan merubah kualitas citra dilihat dari nilai MSE yang meningkat dan nilai PSNR menurun. Hasil perbandingan rata-rata pada tabel 4.15 juga disajikan dalam bentuk gambar 4.20 untuk rata-rata parameter MSE dan gambar 4.21 untuk rata-rata parameter PSNR.



Gambar 4.20. Hasil Rata-Rata MSE.

Pada gambar 4.20 menunjukkan bahwa rata-rata parameter MSE untuk beberapa jenis pengujian tersebut terlihat begitu fluktuatif. Hasil rata-rata dari masing-masing transformasi adalah 3.6475 untuk pengujian tanpa transformasi, 4.1479 untuk transformasi rotasi, 3.9095 untuk transformasi *noise* dan transformasi *blur* sebesar 4.1080. Dengan demikian dapat diketahui bahwa algoritma yang disarankan yaitu gabungan dari algoritma DWT, DCT dan LSB dapat menghasilkan nilai rendah untuk parameter MSE yang menunjukkan bahwa perbandingan antara

citra asli dan citra rekonstruksi memiliki sedikit jumlah error walaupun sudah mengalami beberapa manipulasi citra seperti transformasi rotasi, *noise* dan *blur*. Kemudian untuk hasil rata-rata untuk parameter PSNR dapat dilihat pada gambar 4.21 dibawah.



Gambar 4.21. Hasil Rata-Rata PSNR.

Hasil pengujian dengan menggunakan parameter PSNR berbeda dengan hasil rata-rata untuk parameter MSE yang ditunjukkan pada gambar 4.20, hasil dari parameter PSNR terlihat lebih berpola dengan hasil rata-rata dari masing-masing transformasi adalah 44.7516 dB untuk pengujian tanpa transformasi, 28.9922 dB untuk transformasi rotasi, 33.4904 dB untuk transformasi *noise* dan 36.4843 dB untuk transformasi *blur*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis transformasi yang dilakukan akan mempengaruhi nilai dari parameter PSNR.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

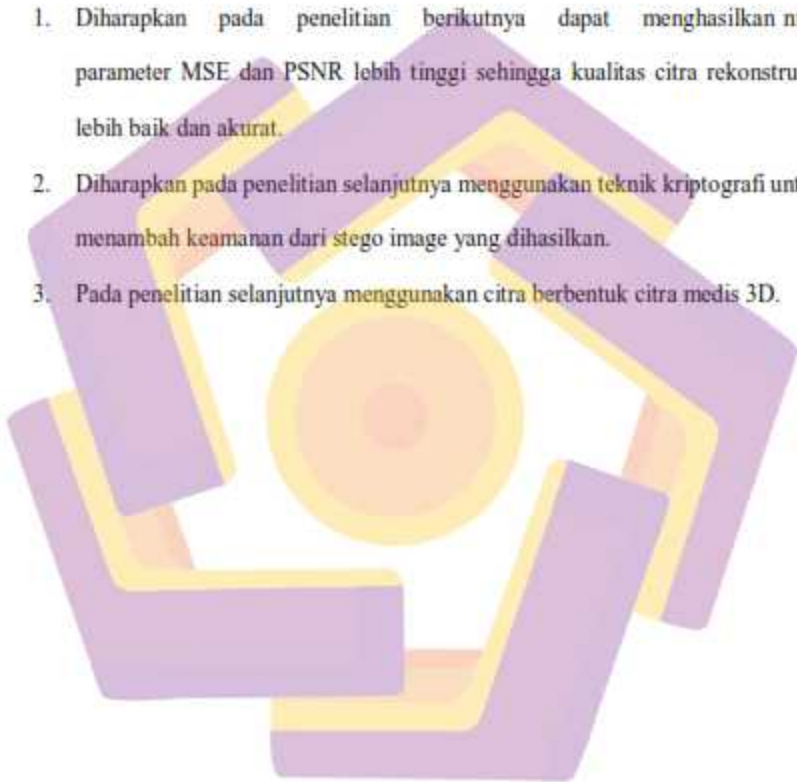
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penyembunyian informasi medis kedalam citra medis menggunakan gabungan algoritma DWT, DCT dan LSB berhasil dilakukan dikarenakan informasi medis tetap bisa di ekstraksi sempurna serta citra rekonstruksi tetap terjaga kualitasnya setelah dilakukan beberapa uji transformasi, terbukti dari nilai MSE dan PSNR yang dihasilkan.
2. Jumlah data yang disisipkan pada citra medis menggunakan gabungan dari algoritma DWT, DCT dan LSB mempengaruhi hasil kualitas citra rekonstruksi menurut penghitungan dari parameter MSE dan PSNR, tetapi tidak merubah hasil parameter MSE dan PSNR secara signifikan.
3. Gabungan algoritma DWT, DCT dan LSB setelah diuji dengan tiga jenis transformasi, mempunyai performa terbaik dibandingkan dengan gabungan algoritma yang lain (dalam penelitian ini) dengan ditunjukkan oleh hasil parameter MSE terendah antara 1.7282-2.5466 dan PSNR tertinggi antara 29.2653-45.5785 dB.

5.2. Saran

Saran berdasarkan hasil penelitian saat ini untuk peneliti berikutnya adalah:

1. Diharapkan pada penelitian berikutnya dapat menghasilkan nilai parameter MSE dan PSNR lebih tinggi sehingga kualitas citra rekonstruksi lebih baik dan akurat.
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan teknik kriptografi untuk menambah keamanan dari stego image yang dihasilkan.
3. Pada penelitian selanjutnya menggunakan citra berbentuk citra medis 3D.



DAFTAR PUSTAKA

PUSTAKA MAKALAH, JURNAL ILMIAH ATAU PROSIDING

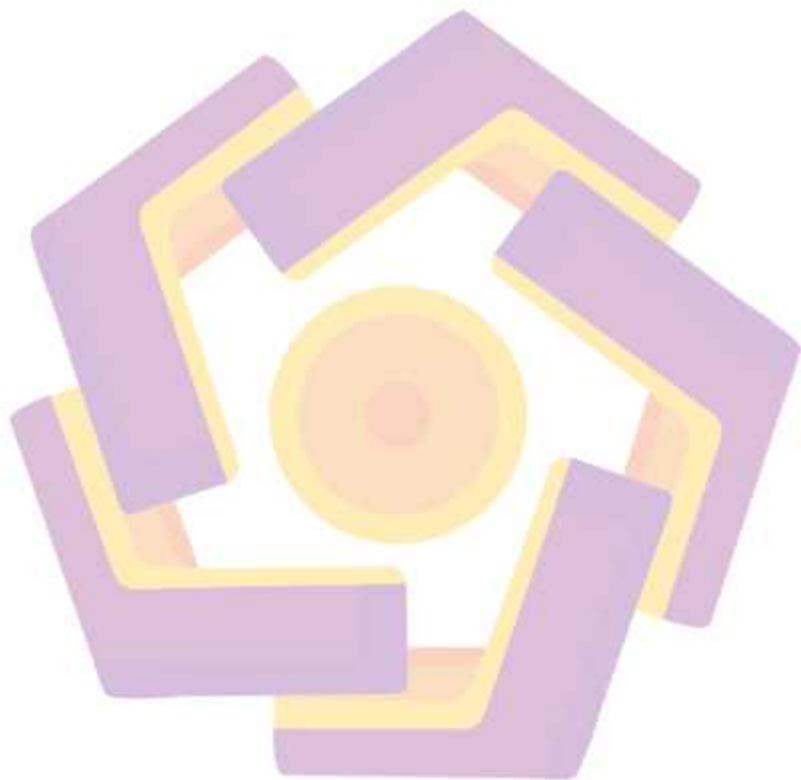
- Abdi, Nailul Mustaqim, and Siti Aisyah. 2011. "Peningkatan Kualitas Citra Digital Menggunakan Metode Super Resolusi Pada Domain Spasial." 9(3): 137-42.
- Adang Suhendra. 2004. "Catatan Kuliah Pengantar Pengolahan Citra." *Universitas Guna Darma*.
- Brown, Robert W. et al. 2014. *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design*. John Wiley & Sons.
- Delp, Edward J. 2005. "Multimedia Security: The 22nd Century Approach." *Multimedia Systems* 11(2): 95-97.
- F. A. Hermawati. 2013. *Pengolahan Citra Digital Konsep Dan Teori*. Yogyakarta: ANDI.
- Fotopoulos, V., M. L. Stavrinou, and A. N. Skodras. 2008. "Medical Image Authentication and Self-Correction through an Adaptive Reversible Watermarking Technique." *8th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, BIBE 2008*.
- Gunjal, Baisa L., and R.R. Manthalkar. 2018. "AN OVERVIEW OF TRANSFORM DOMAIN ROBUST DIGITAL IMAGE WATERMARKING ALGORITHMS." *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* (May).
- Gupta, and Sidharta Choubey. 2015. "Discrete Wavelet Transform for Image Processing." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal*.

- Hayati, Raisah. 2014. "SIMULASI UNJUK KERJA DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) UNTUK PENGOLAHAN SINYAL RADAR DI DAERAH YANG BER-NOISE TINGGI." (1): 32-43.
- Huang, Li Chin, Min Shiang Hwang, and Lin Yu Tseng. 2013. "Reversible and High-Capacity Data Hiding in High Quality Medical Images." *KSI Transactions on Internet and Information Systems* 7(1): 132-48.
- J.R. Krenn. 2004. *Steganography and Steganalysis*.
- Kobayashi, Luiz Octavio Massato, Sergio Shiguemi Furuie, and Paulo Sergio Licciardi Messeder Barreto. 2009. "Providing Integrity and Authenticity in DICOM Images: A Novel Approach." *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 13(4): 582-89.
- Kumar, C. Vinoth, V. Natarajan, and Deepika Bhogadi. 2013. "High Capacity Reversible Data Hiding Based on Histogram Shifting for Medical Images." *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2013 - Proceedings*: 730-33.
- Lou, Der Chyuan, Ming Chiang Hu, and Jiang Lung Liu. 2009. "Multiple Layer Data Hiding Scheme for Medical Images." *Computer Standards and Interfaces* 31(2): 329-35.
- M. E. Whitman, H. J. Mattord. 2012. *Principles of Information Security, Fourth Edition*.
- Munir, Rinaldi. 2006. "Diktat Kuliah IF2153 Matematika Diskrit." *Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung*.

- Patel, Hardik, and Preeti Dave. 2012. "Steganography Technique Based on DCT Coefficients." *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* 2(1): 713–17.
- Sahata Pandapotan, Toni, and Taronisokhi Zebua. 2016. "Analisa Perbandingan Least Significant Bit Dan End Of File Untuk Steganografi Citra Digital Menggunakan Matlab." *Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi (SNITI)* (3): 604–8. <http://sniti.info/>.
- Salameh, Jamal N Bani. 2012. "A New Symmetric-Key Block Ciphering Algorithm." *Middle-East Journal of Scientific Research* 12(5): 662–73.
- . 2018. "A Secure Transmission Approach for Medical Images and Patient's Information by Using Cryptography and Steganography." (October).
- Salameh, Jamal N Bani, Mu Karak, and P O Box. 2016. "An Investigation of the Use of MJEA in Image Encryption." 15: 12–23.
- Sari, Jane Irma, Sulindawaty, and Hengki Tamando Sihotang. 2017. "IMPLEMENTASI PENYEMBUNYIAN PESAN PADA CITRA DIGITAL DENGAN MENGGABUNGAN ALGORITMA HILL CIPHER DAN METODE LEAST SIGNIFICANT BIT (LSB)." *Jurnal Manajemen dan Informatika Pelita Nusantara* 1.
- Saroj, Amal, and S Saira Banu. 2018. "An Improved Technique for Hiding Secret Image on Colour Images Using DWT, DCT, SVD." *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*: 1120–24.
- Shortliffe, Edward H. 2001. "Medical Informatics: Computer Applications in Health Care." *Springer*.

- "Signal to Noise Ratio." 2009. www.cctv-information.co.uk/constant2/sn_ratio.html.
- Stöppler, Melissa Conrad, and Charles Patrick Davis. 2018. "CT Scan (Computerized Tomography, CAT Scan)." www.medicinenet.com.
- Vetterli, Martin, and Cormac Herley. 1992. "Wavelets and Filter Banks: Theory and Design." *IEEE Transactions on Signal Processing*.
- Vijay Kumar Sharma, Dr. Devesh Kr Srivastava, Dr. Pratistha Mathur. 2017. "A Study of Steganography Based Data Hiding Techniques." *International Journal of Emerging Research in Management & Technology* 6(4).
- W. Stallings. 2013. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*.
- Wei, Yu, Yanling Hao, and Yushen Li. 2009. "A Multipurpose Digital Watermarking Algorithm of Color Image." *2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2009* (2): 112-17.
- Wong, S., L. Zaremba, D. Gooden, and H. K. Huang. 1995. "Radiologic Image Compression-a Review." *Proceedings of the IEEE* 83(2): 194-219.
- Yusuf, Yesrani Helyda. 2011. "Implementasi Aplikasi Steganografi Dengan Menggunakan Eureka Steganograher, JPHide, and Seek, Steganog, Dan Stegomagic."
- Zulfikar, Dian Hafidh, and Agus Harjoko. 2016. "Perbandingan Kapasitas Pesan Pada Steganografi DCT Sekuensial Dan Steganografi DCT F5 Dengan Penerapan Point Operation Image Enhancement." *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)* 10(1): 35. <https://jurnal.ugm.ac.id/ijccs/article/view/11187>.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
1	2.0 1	2.0 3	2.0 3	46.9 4	46.9 2	46.9 2	2.2 1	2.2 3	2.2 3	46.4 5	46.4 2	46.4 2	2.6 7	3.65 3.98	3.98 6	25.8 6	24.1 9	24.0 1	2.80	3.10	3.14	41.8 7	42.8 6	43.1 9
2	2.1 7	2.1 8	2.1 8	46.5 0	46.4 8	46.4 8	2.3 6	2.3 8	2.3 8	46.0 1	45.9 9	45.9 9	3.9 2	4.02 4.20	4.20 3	24.4 3	22.9 7	22.8 0	3.07	3.42	3.47	42.6 8	42.7 7	42.9 5
3	2.3 8	2.4 0	2.4 0	46.2 0	46.1 8	46.1 8	2.5 8	2.5 9	2.5 9	45.7 1	45.6 9	45.6 9	2.6 7	3.57 4.50	4.50 8	23.9 8	22.5 8	22.2 8	3.17	3.55	3.65	40.8 3	41.7 3	42.6 6
4	2.2 8	2.2 9	2.2 9	46.6 9	46.6 7	46.6 7	2.4 7	2.4 9	2.4 9	46.2 0	46.1 8	46.1 8	3.9 1	4.09 4.27	4.27 9	24.9 9	23.4 7	23.1 6	2.95	3.28	3.37	42.5 1	42.7 0	42.8 8
5	2.2 5	2.2 7	2.2 6	46.9 0	46.8 8	46.8 8	2.4 4	2.4 6	2.4 6	46.4 1	46.3 9	46.3 9	3.6 8	3.70 4.11	4.11 1	25.4 1	23.8 7	23.5 5	2.87	3.18	3.26	42.6 1	42.6 4	43.0 5
6	2.4 6	2.4 8	2.4 7	46.4 8	46.4 6	46.4 6	2.6 5	2.6 7	2.6 7	45.9 9	45.9 6	45.9 6	3.4 5	4.39 4.41	4.41 5	24.3 2	22.9 9	22.8 5	3.09	3.42	3.46	41.7 8	42.7 2	42.7 4
7	2.6 4	2.6 5	2.6 5	46.1 0	46.0 8	46.0 9	2.8 3	2.8 4	2.8 4	45.6 1	45.6 0	45.6 0	4.0 0	4.20 4.77	4.77 0	23.5 0	22.2 7	22.0 1	3.29	3.65	3.75	41.6 4	41.8 3	42.4 0
8	2.8 1	2.8 3	2.8 3	45.8 0	45.7 8	45.7 8	3.0 0	3.0 2	3.0 2	45.3 1	45.3 0	45.2 9	3.8 9	4.70 5.16	5.16 9	22.7 8	21.6 5	21.4 1	3.50	3.89	3.99	40.7 9	41.6 9	42.0 6
9	3.1 4	3.1 5	3.1 5	45.1 9	45.1 8	45.1 8	3.3 3	3.3 5	3.3 4	44.7 0	44.6 9	44.6 9	4.4 1	5.19 5.66	5.66 9	21.6 6	20.6 9	20.5 9	3.91	4.34	4.39	40.4 0	41.1 8	41.6 5
10	3.3 0	3.3 1	3.3 1	45.0 6	45.0 4	45.0 4	3.4 9	3.5 0	3.5 1	44.5 7	44.5 5	44.5 5	4.8 3	5.43 5.88	5.88 2	21.6 2	20.6 4	20.4 4	3.93	4.36	4.47	40.4 4	41.0 4	41.4 9
11	3.7 7	3.7 8	3.7 8	44.5 8	44.5 7	44.5 7	3.9 6	3.9 8	3.9 8	44.0 9	44.0 7	44.0 7	6.0 4	6.22 6.31	6.31 4	21.5 6	20.6 3	20.4 4	3.95	4.37	4.47	40.9 1	41.0 9	41.1 8
12	2.9 9	3.0 0	3.0 0	45.7 2	45.7 0	45.7 0	3.1 8	3.2 0	3.1 9	45.2 3	45.2 1	45.2 1	3.8 5	4.35 5.26	5.26 6	23.4 6	22.3 2	22.0 9	3.30	3.64	3.72	40.5 7	41.0 7	41.9 8
13	2.8 4	2.8 5	2.8 5	46.1 5	46.1 3	46.1 4	3.0 4	3.0 5	3.0 5	45.6 6	45.6 4	45.6 4	4.6 7	4.73 4.99	4.99 6	24.3 6	23.0 6	22.9 9	3.08	3.40	3.44	41.8 8	41.9 4	42.2 0
14	2.7 2	2.7 4	2.7 4	46.3 8	46.3 6	46.3 6	2.9 2	2.9 3	2.9 4	45.8 9	45.8 7	45.8 7	4.0 3	4.52 4.81	4.81 6	24.8 6	23.4 9	23.3 5	2.98	3.27	3.31	41.6 0	42.0 9	42.3 7

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
15	2.6 1	2.6 3	2.6 3	46.5 2	46.5 1	46.5 1	2.8 1	2.8 2	2.8 2	46.0 3	46.0 1	46.0 1	3.1 8	4.07 4	4.51 5	25.2 0	23.7 9	23.6 5	2.91	3.19	3.23	41.3 1	42.2 0	42.6 4
16	2.6 3	2.6 5	2.6 5	46.5 4	46.5 2	46.5 2	2.8 3	2.8 4	2.8 4	46.0 5	46.0 3	46.0 3	2.7 9	3.57 4	4.51 5	25.5 5	24.0 5	23.9 0	2.85	3.13	3.17	40.9 3	41.7 1	42.6 5
17	2.5 4	2.5 6	2.5 6	46.7 7	46.7 5	46.7 5	2.7 4	2.7 5	2.7 5	46.2 7	46.2 6	46.2 6	3.0 5	3.78 4	4.30 5	26.2 5	24.7 8	24.4 5	2.74	2.97	3.04	41.5 9	42.3 3	42.8 5
18	2.6 8	2.6 9	2.6 9	46.3 3	46.3 1	46.3 1	2.8 7	2.8 8	2.8 9	45.8 4	45.8 2	45.8 2	3.9 2	4.27 4	4.61 5	25.5 9	24.0 0	23.6 7	2.84	3.14	3.22	41.8 5	42.2 0	42.5 5
19	2.7 4	2.7 5	2.7 5	46.0 8	46.0 6	46.0 6	2.9 3	2.9 5	2.9 5	45.5 8	45.5 7	45.5 7	4.2 3	4.84 5	5.02 2	25.3 2	23.7 6	23.4 4	2.89	3.20	3.29	41.3 8	41.9 9	42.1 7
20	2.4 4	2.4 6	2.4 6	46.7 0	46.6 8	46.6 8	2.6 4	2.6 6	2.6 5	46.2 0	46.1 8	46.1 8	4.2 2	4.23 4	4.55 5	27.2 7	25.4 4	25.2 4	2.61	2.85	2.88	42.2 8	42.3 0	42.6 1
21	2.7 6	2.7 7	2.7 7	46.4 5	46.4 4	46.4 4	2.9 5	2.9 6	2.9 6	45.9 7	45.9 5	45.9 5	4.3 8	4.64 5	5.36 9	28.0 9	26.2 9	26.0 9	2.53	2.72	2.74	40.9 1	41.1 7	41.8 9
22	1.8 6	1.8 7	1.8 7	48.7 6	48.7 3	48.7 3	2.0 5	2.0 7	2.0 7	48.2 8	48.2 4	48.2 4	2.8 4	3.21 4	3.93 3	33.2 6	30.6 8	30.4 1	2.24	2.32	2.34	42.1 5	42.5 2	43.2 4
23	2.5 7	2.5 8	2.5 8	45.0 8	45.0 6	45.0 6	2.7 7	2.7 8	2.7 8	44.5 8	44.5 6	44.5 7	3.2 7	3.56 4	4.44 8	20.0 8	19.2 9	19.1 1	4.69	5.19	5.32	41.5 5	41.8 3	42.7 1
24	2.7 5	2.7 7	2.7 7	45.1 7	45.1 5	45.1 5	2.9 5	2.9 6	2.9 6	44.6 8	44.6 6	44.6 6	3.6 4	4.25 4	4.74 5	20.4 1	19.5 6	19.4 7	4.50	5.00	5.06	41.3 3	41.9 5	42.4 3
25	2.9 6	2.9 8	2.9 8	44.9 4	44.9 3	44.9 3	3.1 3	3.1 7	3.1 7	44.4 5	44.4 3	44.4 3	3.7 4	4.29 5	5.03 3	19.9 4	19.0 8	18.9 0	4.78	5.34	5.48	40.8 8	41.4 3	42.1 7
26	3.3 5	3.3 7	3.3 7	44.4 4	44.4 3	44.4 3	3.5 5	3.5 6	3.5 6	43.9 5	43.9 3	43.9 3	5.3 4	5.52 5	5.62 6	19.2 8	18.5 0	18.3 4	5.22	5.80	5.95	41.4 1	41.5 9	41.6 9
27	3.2 7	3.2 9	3.2 9	44.8 9	44.8 8	44.8 8	3.4 8	3.4 8	3.4 8	44.4 0	44.3 9	44.3 9	4.7 1	4.73 5	5.43 3	20.3 3	19.4 4	19.2 6	4.55	5.08	5.21	41.1 2	41.1 4	41.8 4
28	2.9 6	2.9 8	2.9 8	45.6 6	45.6 4	45.6 4	3.1 6	3.1 8	3.1 7	45.1 7	45.1 5	45.1 5	4.2 8	4.48 5	5.15 3	21.7 8	20.8 1	20.5 8	3.86	4.27	4.39	41.2 0	41.4 0	42.0 7

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
29	3.0 0	3.0 1	3.0 1	45.7 2	45.7 0	45.7 0	3.1 9	3.2 0	3.2 0	45.2 2	45.2 1	45.2 1	4.1 1	4.42 4	5.15 5	22.1 8	21.0 1	20.8 9	3.71 3	4.18 4	4.24 4	41.0 3	41.3 4	42.0 7
30	2.9 2	2.9 3	2.9 3	45.9 8	45.9 7	45.9 7	3.1 1	3.1 2	3.1 2	45.4 9	45.4 7	45.4 7	4.4 4	4.81 4	5.02 5	23.0 7	21.7 5	21.4 8	3.41 3	3.85 4	3.96 6	41.6 0	41.9 6	42.1 8
31	3.1 6	3.1 7	3.1 7	45.4 7	45.4 6	45.4 6	3.3 5	3.3 7	3.3 7	44.9 8	44.9 6	44.9 7	4.2 1	4.81 4	5.34 5	22.3 8	21.1 9	20.9 4	3.63 3	4.09 4	4.21 4	40.7 9	41.3 9	41.9 1
32	2.9 7	2.9 9	2.9 8	45.8 0	45.7 9	45.7 9	3.1 6	3.1 8	3.1 8	45.3 1	45.3 0	45.3 0	3.7 4	4.56 4	5.17 5	23.3 3	22.0 0	21.7 3	3.34 3	3.75 4	3.86 6	40.5 8	41.4 4	42.0 5
33	2.7 9	2.8 1	2.8 1	46.0 6	46.0 4	46.0 4	2.9 9	3.0 1	3.0 1	45.5 7	45.5 5	45.5 5	4.1 4	4.72 4	4.90 4	24.2 0	22.7 4	22.4 4	3.12 3	3.49 4	3.59 5	41.5 1	42.1 0	42.2 8
34	2.9 0	2.9 2	2.9 2	45.9 2	45.9 0	45.9 0	3.0 9	3.1 1	3.1 1	45.4 3	45.4 1	45.4 1	4.8 4	5.00 4	5.15 5	24.4 3	22.9 5	22.6 4	3.06 3	3.43 4	3.53 5	41.7 6	41.9 3	42.0 7
35	2.3 6	2.3 8	2.3 8	47.0 6	47.0 4	47.0 4	2.5 6	2.5 8	2.5 8	46.5 6	46.5 3	46.5 3	2.4 3	3.38 3	4.33 3	27.1 3	25.2 4	25.0 5	2.63 2	2.88 8	2.92 2	40.9 6	41.8 7	42.8 2
36	2.2 5	2.2 6	2.2 6	47.4 3	47.4 1	47.4 1	2.4 3	2.4 5	2.4 5	46.9 5	46.9 3	46.9 3	3.2 0	3.94 3	4.15 3	28.6 9	26.5 9	26.3 7	2.47 2	2.68 6	2.70 5	42.0 5	42.7 9	43.0 0
37	2.1 9	2.2 1	2.2 0	47.4 3	47.4 1	47.4 1	2.3 9	2.4 0	2.4 0	46.9 4	46.9 2	46.9 2	2.9 0	3.72 3	4.14 3	29.3 3	27.2 4	27.0 2	2.43 2	2.60 6	2.62 2	41.7 7	42.5 9	43.0 1
38	2.5 0	2.5 2	2.5 2	46.6 4	46.6 2	46.6 2	2.7 0	2.7 1	2.7 1	46.1 5	46.1 3	46.1 3	4.2 6	4.66 4	4.71 4	28.2 7	26.5 0	26.3 1	2.51 2	2.69 6	2.71 5	42.0 0	42.4 1	42.4 6
39	2.1 2	2.1 3	2.1 3	47.4 4	47.4 2	47.4 2	2.3 2	2.3 3	2.3 3	46.9 5	46.9 2	46.9 2	3.1 3	3.52 3	4.11 3	30.2 4	28.4 4	27.9 8	2.37 2	2.48 8	2.52 2	42.0 7	42.4 5	43.0 5
40	2.1 9	2.2 0	2.2 0	46.8 9	46.8 7	46.8 6	2.3 8	2.4 0	2.4 0	46.4 0	46.3 8	46.3 8	2.6 7	3.50 3	4.29 3	29.9 3	28.1 3	27.7 3	2.39 2	2.50 5	2.54 8	41.2 5	42.0 8	42.8 6
41	2.1 3	2.1 5	2.1 5	47.5 3	47.5 0	47.5 0	2.3 3	2.3 5	2.3 5	47.0 3	47.0 1	47.0 1	3.7 5	3.90 3	4.31 3	31.7 3	29.7 9	29.3 6	2.30 2	2.38 8	2.40 8	42.2 8	42.4 2	42.8 4
42	2.2 3	2.2 4	2.2 4	47.7 9	47.7 7	47.7 7	2.4 3	2.4 4	2.4 4	47.3 0	47.2 8	47.2 8	3.2 7	3.83 3	4.65 3	32.4 8	30.4 2	30.0 2	2.27 2	2.34 3	2.36 6	41.1 3	41.6 8	42.5 1

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
43	1.5 3	1.5 5	1.5 5	48.4 3	48.4 0	48.4 0	1.7 3	1.7 5	1.7 5	47.9 3	47.9 0	47.9 0	2.0 6	2.60	2.64	32.2 7	29.5 0	28.9 3	2.28	2.39	2.44	44.3 7	44.9 2	44.9 6
44	1.8 6	1.8 8	1.8 8	47.3 7	47.3 4	47.3 4	2.0 5	2.0 7	2.0 7	46.8 8	46.8 5	46.8 5	2.3 1	2.74	3.14	29.9 5	28.0 0	27.5 1	2.39	2.52	2.57	43.3 7	43.8 1	44.2 1
45	1.8 5	1.8 7	1.8 7	47.4 4	47.4 2	47.4 2	2.0 5	2.0 6	2.0 6	46.9 5	46.9 2	46.9 2	2.4 3	2.64	3.16	30.2 7	28.0 0	27.5 0	2.37	2.52	2.57	43.4 6	43.6 8	44.1 9
46	1.6 4	1.6 6	1.6 6	48.1 5	48.1 3	48.1 3	1.8 4	1.8 6	1.8 6	47.6 6	47.6 3	47.6 3	1.8 4	2.48	2.90	31.7 7	29.1 2	28.5 6	2.29	2.42	2.47	43.4 9	44.1 3	44.5 6
47	1.6 4	1.6 5	1.6 5	48.2 3	48.2 0	48.2 0	1.8 4	1.8 5	1.8 4	47.7 1	47.7 0	47.7 0	2.2 4	2.33	2.87	31.7 9	29.4 1	28.8 3	2.29	2.40	2.44	43.9 9	44.0 8	44.6 1
48	1.7 7	1.7 8	1.7 8	47.8 7	47.8 4	47.8 4	1.9 7	1.9 8	1.9 8	47.3 7	47.3 4	47.3 4	2.3 9	2.99	3.04	31.3 4	28.7 7	28.2 3	2.31	2.45	2.49	43.7 1	44.3 1	44.3 6
49	2.1 7	2.1 8	2.1 8	46.8 2	46.8 0	46.8 0	2.3 6	2.3 8	2.3 8	46.3 3	46.3 1	46.3 1	2.6 9	3.15	3.53	29.2 3	27.1 3	26.9 0	2.43	2.61	2.63	42.8 6	43.3 3	43.7 1
50	1.8 5	1.8 7	1.8 7	47.6 0	47.5 8	47.5 8	2.0 6	2.0 7	2.0 7	47.1 0	47.0 8	47.0 8	2.3 2	2.45	3.14	30.5 5	28.1 4	27.6 3	2.35	2.50	2.55	43.4 0	43.5 2	44.2 2
51	1.6 7	1.6 9	1.6 9	48.2 5	48.2 2	48.2 2	1.8 7	1.8 8	1.8 8	47.7 5	47.7 2	47.7 2	2.3 3	2.43	2.85	32.1 2	29.2 9	28.7 1	2.28	2.41	2.45	44.1 2	44.2 3	44.6 4
52	1.6 4	1.6 5	1.6 5	48.4 0	48.3 7	48.3 7	1.8 4	1.8 5	1.8 5	47.9 0	47.8 8	47.8 8	0.9 7	1.95	2.70	32.5 8	29.6 1	29.0 0	2.26	2.39	2.43	43.1 4	44.1 2	44.8 7
53	1.9 1	1.9 3	1.9 3	47.5 3	47.5 1	47.5 1	2.1 1	2.1 3	2.1 3	47.0 4	47.0 1	47.0 1	1.8 7	2.54	3.01	30.8 9	28.3 7	27.8 4	2.33	2.48	2.53	43.2 6	43.9 3	44.3 9
54	2.0 3	2.0 4	2.0 4	47.2 3	47.2 1	47.2 1	2.2 2	2.2 4	2.2 4	46.7 4	46.7 1	46.7 1	2.7 2	2.78	3.22	30.1 0	27.7 4	27.2 4	2.38	2.54	2.59	43.6 0	43.6 6	44.1 0
55	1.7 2	1.7 4	1.7 4	48.2 7	48.2 5	48.2 5	1.9 5	1.9 4	1.9 4	47.7 8	47.7 5	47.7 5	1.8 5	2.19	2.82	32.4 8	29.4 8	28.8 7	2.27	2.40	2.44	43.6 9	44.0 6	44.6 9
56	1.9 9	2.0 0	2.0 0	47.6 6	47.6 4	47.6 4	2.1 9	2.2 0	2.2 0	47.1 7	47.1 4	47.1 4	2.4 5	2.50	3.20	31.1 3	28.5 0	28.2 2	2.32	2.47	2.49	43.3 8	43.4 3	44.1 3

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
57	1.8 3	1.8 4	1.8 4	48.3 3	48.3 0	48.3 0	2.0 2	2.0 4	2.0 4	47.8 3	47.8 1	47.8 1	2.3 3	2.79 2.89	2.89 7	32.8 7	29.7 4	29.4 2	2.26	2.38	2.40	44.0 1	44.4 8	44.5 8
58	1.9 5	1.9 7	1.9 7	47.9 5	47.9 3	47.9 3	2.1 5	2.1 7	2.1 7	47.4 5	47.4 3	47.4 3	2.2 0	2.64 3.15	3.15 7	31.8 7	29.0 3	28.7 3	2.29	2.43	2.45	43.2 5	43.7 0	44.2 0
59	1.8 7	1.8 8	1.8 8	48.2 5	48.2 2	48.2 2	2.0 6	2.0 8	2.0 8	47.7 6	47.7 3	47.7 3	1.9 9	2.63 3.07	3.07 3	32.7 3	29.6 3	29.0 0	2.26	2.39	2.43	43.2 3	43.8 7	44.3 1
60	1.7 8	1.8 0	1.8 0	48.4 7	48.4 4	48.4 4	1.9 8	1.9 9	1.9 9	47.9 7	47.9 5	47.9 5	1.7 4	2.62 2.98	2.98 4	32.6 8	29.9 1	29.2 5	2.26	2.37	2.41	43.1 9	44.0 8	44.4 4
61	1.6 9	1.7 1	1.7 1	48.7 7	48.7 4	48.7 4	1.8 9	1.9 1	1.9 1	48.2 8	48.2 5	48.2 5	1.9 6	2.30 2.81	2.81 5	33.6 5	30.2 3	29.5 5	2.23	2.35	2.39	43.8 5	44.1 9	44.7 0
62	1.8 1	1.8 3	1.8 3	48.3 2	48.2 9	48.2 9	2.0 1	2.0 2	2.0 2	47.8 3	47.8 0	47.8 0	1.7 5	2.54 2.91	2.91 7	32.5 7	29.4 8	29.1 6	2.27	2.40	2.42	43.3 8	44.1 7	44.5 4
63	1.8 6	1.8 8	1.8 8	48.2 4	48.2 1	48.2 1	2.0 6	2.0 7	2.0 7	47.7 5	47.7 2	47.7 2	1.9 0	2.10 2.93	2.93 6	32.5 6	29.4 9	29.1 8	2.27	2.39	2.42	43.4 8	43.6 8	44.5 1
64	1.9 5	1.9 6	1.9 6	48.0 6	48.0 3	48.0 3	2.1 5	2.1 6	2.1 6	47.5 6	47.5 3	47.5 4	1.9 3	2.73 3.08	3.08 4	32.0 4	29.4 4	28.8 2	2.28	2.40	2.44	43.1 4	43.9 4	44.3 0
65	1.9 5	1.9 6	1.9 6	47.9 7	47.9 4	47.9 4	2.1 5	2.1 6	2.1 6	47.4 8	47.4 5	47.4 5	1.9 0	2.78 3.17	3.17 4	31.5 4	28.7 5	28.4 6	2.30	2.45	2.47	42.9 0	43.7 9	44.1 7
66	1.9 5	1.9 6	1.9 6	48.0 6	47.9 8	47.9 8	2.1 5	2.1 6	2.1 6	47.5 0	47.4 8	47.4 8	2.2 7	3.03 3.17	3.17 1	31.5 1	28.7 5	28.4 6	2.30	2.45	2.47	43.2 7	44.0 3	44.1 7
67	2.6 2	2.6 4	2.6 4	44.7 8	44.7 6	44.7 6	2.8 2	2.8 3	2.8 3	44.2 8	44.2 7	44.2 7	3.5 9	4.15 4.52	4.52 9	22.6 9	21.6 8	21.4 5	3.53	3.88	3.98	41.7 0	42.2 6	42.6 3
68	3.3 1	3.3 3	3.3 3	43.8 7	43.8 5	43.8 5	3.5 1	3.5 2	3.5 2	43.3 7	43.3 6	43.3 6	4.5 5	5.22 5.32	5.32 3	21.1 3	20.3 6	20.1 5	4.14	4.51	4.63	41.1 5	41.8 2	41.9 2
69	3.7 8	3.7 9	3.7 9	43.2 3	43.2 2	43.2 2	3.9 2	3.9 7	3.9 7	42.7 8	42.7 9	42.7 9	4.6 4	5.57 5.79	5.79 8	19.9 9	19.2 0	19.0 0	4.75	5.25	5.39	40.4 4	41.3 3	41.5 6
70	3.7 3	3.7 5	3.7 4	43.7 0	43.6 8	43.6 8	3.9 3	3.9 4	3.9 4	43.2 0	43.1 9	43.1 9	5.4 9	5.63 5.79	5.79 5	21.2 5	20.3 6	20.2 5	4.09	4.52	4.57	41.2 5	41.4 0	41.5 6

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
71	3.7 1	3.7 2	3.7 2	44.1 0	44.0 9	44.0 9	3.9 0	3.9 1	3.9 1	43.6 1	43.6 0	43.6 0	5.2 9	5.38 3	5.68 3	22.5 3	21.5 3	21.3 0	3.59 3	3.94 3	4.04 3	41.2 6	41.3 5	41.6 4
72	3.6 4	3.6 6	3.6 6	44.2 5	44.2 3	44.2 3	3.8 4	3.8 5	3.8 5	43.7 5	43.7 4	43.7 4	4.3 3	4.78 3	5.63 3	22.6 5	21.6 6	21.4 3	3.54 3	3.89 3	3.99 3	40.3 7	40.8 2	41.6 8
73	4.0 8	4.1 0	4.1 0	43.6 9	43.6 7	43.6 7	4.2 8	4.3 0	4.3 0	43.1 9	43.1 7	43.1 8	5.0 3	5.76 3	6.10 3	21.6 8	20.7 7	20.5 6	3.90 3	4.29 3	4.40 3	40.2 7	40.9 9	41.3 3
74	4.5 8	4.6 0	4.6 0	43.0 2	43.0 1	43.0 1	4.7 7	4.7 8	4.7 9	42.5 3	42.5 2	42.5 2	5.9 9	6.34 9	6.71 9	20.2 9	19.4 9	19.3 0	4.57 3	5.05 3	5.18 3	40.2 0	40.5 6	40.9 2
75	4.3 9	4.4 0	4.4 0	43.2 5	43.2 4	43.2 4	4.5 8	4.6 0	4.6 0	42.7 6	42.7 5	42.7 5	5.4 2	6.04 3	6.38 3	20.2 6	19.4 3	19.2 3	4.59 3	5.09 3	5.23 3	40.1 8	40.7 9	41.1 4
76	4.5 1	4.5 2	4.5 2	43.0 8	43.0 7	43.0 7	4.7 0	4.7 1	4.7 1	42.5 8	42.5 7	42.5 7	6.0 9	6.19 9	6.59 9	19.6 2	18.8 2	18.6 3	4.98 3	5.54 3	5.69 3	40.5 0	40.6 0	41.0 0
77	3.9 2	3.9 3	3.9 3	43.8 8	43.8 7	43.8 7	4.1 1	4.1 2	4.1 2	43.3 9	43.3 8	43.3 8	5.2 6	5.34 9	5.94 9	20.7 0	19.7 6	19.6 5	4.35 3	4.87 3	4.94 3	40.7 6	40.8 4	41.4 4
78	4.5 8	4.6 0	4.6 0	43.0 9	43.0 8	43.0 8	4.7 7	4.7 8	4.7 8	42.6 0	42.5 9	42.5 9	5.0 8	5.97 9	6.66 9	19.7 1	18.8 8	18.6 9	4.92 3	5.49 3	5.65 3	39.3 7	40.2 6	40.9 5
79	4.3 0	4.3 1	4.3 1	43.2 4	43.2 3	43.2 3	4.4 9	4.5 1	4.5 0	42.7 4	42.7 3	42.7 3	5.8 2	5.90 9	6.38 9	19.7 9	18.9 6	18.7 6	4.87 3	5.43 3	5.59 3	40.5 8	40.6 5	41.1 4
80	3.8 8	3.9 0	3.9 0	43.8 0	43.7 9	43.7 9	4.0 8	4.1 0	4.0 9	43.3 0	43.2 9	43.2 9	5.5 7	5.66 9	5.95 9	20.9 8	20.0 4	19.8 3	4.21 3	4.70 3	4.83 3	41.0 7	41.1 6	41.4 4
81	3.8 7	3.8 8	3.8 8	43.9 3	43.9 2	43.9 2	4.0 7	4.0 8	4.0 8	43.4 3	43.4 2	43.4 2	4.7 3	5.49 9	5.93 9	21.5 2	20.6 7	20.4 4	3.97 3	4.35 3	4.47 3	40.2 6	41.0 2	41.4 6
82	3.3 6	3.3 7	3.3 7	44.7 6	44.7 4	44.7 4	3.5 5	3.5 7	3.5 7	44.2 7	44.2 5	44.2 5	4.2 8	4.29 9	5.28 9	23.2 5	22.2 4	21.9 7	3.36 3	3.67 3	3.76 3	40.9 6	40.9 7	41.9 6
83	3.7 5	3.7 6	3.7 6	44.2 1	44.2 0	44.2 0	3.9 4	3.9 6	3.9 6	43.7 2	43.7 0	43.7 1	5.0 1	5.52 9	5.63 9	22.6 5	21.7 2	21.4 3	3.54 3	3.87 3	3.97 3	41.0 5	41.5 7	41.6 8
84	3.3 9	3.4 1	3.4 1	44.5 8	44.5 7	44.5 7	3.5 9	3.6 1	3.6 1	44.0 8	44.0 7	44.0 7	4.0 5	5.04 9	5.21 9	23.5 2	22.4 0	22.2 7	3.29 3	3.61 3	3.65 3	40.8 6	41.8 6	42.0 2

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
85	2.7 1	2.7 2	2.7 2	45.5 5	45.5 3	45.5 3	2.9 1	2.9 2	2.9 2	45.0 5	45.0 4	45.0 4	4.0 5	4.37 4	4.43 3	25.3 0	23.9 4	23.6 3	2.89	3.16	3.24	42.3 4	42.6 6	42.7 2
86	3.1 1	3.1 2	3.1 2	44.7 1	44.6 9	44.6 9	3.3 0	3.3 2	3.3 2	44.2 1	44.2 0	44.2 0	4.3 9	4.76 5	5.03 5	24.9 5	23.7 2	23.4 4	2.96	3.21	3.29	41.5 3	41.9 0	42.1 7
87	2.4 6	2.4 7	2.4 7	45.6 9	45.6 7	45.6 7	2.6 5	2.6 7	2.6 7	45.1 9	45.1 8	45.1 8	2.6 2	3.50 4	4.26 2	27.5 7	26.1 8	25.8 3	2.58	2.73	2.78	41.2 5	42.1 2	42.8 9
88	2.3 6	2.3 8	2.3 8	45.2 3	45.2 1	45.2 1	2.5 6	2.5 7	2.5 8	44.7 4	44.7 2	44.7 1	3.6 0	4.19 4	4.28 8	27.3 8	25.9 7	25.6 5	2.60	2.76	2.81	42.2 0	42.7 9	42.8 8
89	3.4 9	3.5 0	3.5 0	43.6 0	43.5 9	43.5 9	3.6 8	3.7 0	3.7 0	43.1 1	43.1 0	43.0 9	4.3 0	5.26 5	5.53 3	18.7 2	18.1 3	17.9 9	5.64	6.13	6.26	40.5 2	41.4 8	41.7 5
90	3.8 8	3.8 9	3.8 9	43.2 0	43.1 9	43.1 9	4.0 7	4.0 9	4.0 9	42.7 1	42.6 9	42.6 9	5.5 3	5.61 6	6.02 2	18.2 3	17.7 2	17.5 8	6.06	6.54	6.68	40.9 0	40.9 8	41.3 9
91	4.2 8	4.2 9	4.2 9	42.8 3	42.8 2	42.8 2	4.4 7	4.4 9	4.4 9	42.3 3	42.3 2	42.3 2	5.3 5	5.94 6	6.59 0	17.7 6	17.2 0	17.0 7	6.51	7.09	7.25	39.7 6	40.3 5	41.0 0
92	4.5 0	4.5 1	4.5 1	42.3 9	42.3 8	42.3 8	4.6 9	4.7 1	4.7 1	41.9 0	41.8 8	41.8 8	6.4 3	6.88 7	7.02 0	16.7 4	16.2 7	16.1 5	7.67	8.28	8.47	40.1 4	40.5 8	40.7 2
93	4.6 3	4.6 5	4.6 4	42.0 1	42.0 0	42.0 0	4.8 3	4.8 5	4.8 4	41.5 1	41.5 0	41.5 0	5.9 4	6.81 7	7.29 2	15.3 8	14.8 7	14.7 6	9.72	10.6	10.8	39.2 1	40.0 8	40.5 6
94	4.6 9	4.7 1	4.7 1	41.8 0	41.7 9	41.7 9	4.8 8	4.9 0	4.9 0	41.3 1	41.3 0	41.3 0	6.6 4	7.00 7	7.31 3	14.4 5	13.9 5	13.8 3	11.5 3	12.6	12.9	39.8 7	40.2 3	40.5 4
95	4.6 9	4.7 1	4.7 1	41.8 8	41.8 7	41.8 7	4.8 7	4.9 1	4.9 1	41.3 8	41.3 7	41.3 7	5.8 6	6.64 7	7.15 1	14.6 8	14.1 6	14.0 4	11.0 4	12.1	12.4	39.3 5	40.1 5	40.6 4
96	4.3 1	4.3 2	4.3 2	42.4 0	42.3 9	42.3 9	4.5 0	4.5 2	4.5 2	41.9 0	41.8 9	41.8 9	5.6 0	6.27 6	6.85 5	15.8 8	15.3 0	15.1 6	8.90	9.83	8	39.5 8	40.2 5	40.8 3
97	4.2 0	4.2 2	4.2 2	42.4 9	42.4 8	42.4 8	4.4 8	4.4 2	4.4 2	41.9 9	41.9 7	41.9 7	5.5 8	5.80 6	6.74 4	16.2 1	15.6 1	15.5 4	8.40	9.31	9.42	39.7 6	39.9 7	40.9 0
98	4.2 6	4.2 7	4.2 7	42.4 4	42.4 3	42.4 3	4.4 5	4.4 6	4.4 7	41.9 5	41.9 4	41.9 4	6.1 4	6.76 6	6.77 7	16.5 7	15.9 6	15.8 8	7.89	8.75	8.87	40.2 4	40.8 6	40.8 8

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
99	4.2 3	4.2 4	4.2 4	42.4 5	42.4 4	42.4 4	4.4 2	4.4 3	4.4 4	41.9 6	41.9 5	41.9 4	5.7 0	6.47 6.64	6.64 9	16.9 4	16.4 9	16.2 9	7.37	8.05	8.26	40.0 3	40.8 0	40.9 7
100	4.1 0	4.1 2	4.1 2	42.5 9	42.5 7	42.5 7	4.3 0	4.3 2	4.3 2	42.0 9	42.0 8	42.0 7	6.2 4	6.45 6.59	6.59 8	17.6 6	17.0 8	16.9 3	6.61	7.23	7.42	40.6 5	40.8 5	41.0 0
101	3.7 8	3.8 0	3.8 0	43.0 2	43.0 1	43.0 1	3.9 8	3.9 9	3.9 9	42.5 3	42.5 1	42.5 1	4.6 7	5.64 6.23	6.23 9	19.1 4	18.5 7	18.3 7	5.28	5.77	5.92	39.6 7	40.6 4	41.2 4
102	3.3 2	3.3 4	3.3 4	43.8 4	43.8 2	43.8 2	3.5 2	3.5 4	3.5 4	43.3 4	43.3 3	43.3 3	4.7 1	5.53 5.67	5.67 4	21.7 1	20.7 6	20.5 4	3.89	4.30	4.42	40.6 9	41.5 0	41.6 5
103	3.1 0	3.1 2	3.1 2	44.2 2	44.2 1	44.2 1	3.3 0	3.3 2	3.3 2	43.7 3	43.7 1	43.7 1	4.4 4	4.73 5.33	5.33 3	23.2 3	22.1 2	22.0 0	3.37	3.71	3.76	41.0 3	41.3 2	41.9 2
104	2.8 7	2.8 9	2.8 9	44.5 3	44.5 2	44.5 2	3.0 7	3.0 9	3.0 9	44.0 4	44.0 2	44.0 2	4.5 7	4.60 5.00	5.00 3	24.5 3	23.3 1	23.0 3	3.04	3.32	3.41	41.7 7	41.8 0	42.2 0
105	2.4 5	2.4 7	2.4 7	45.4 7	45.4 5	45.4 5	2.6 5	2.6 7	2.6 7	44.9 7	44.9 5	44.9 5	2.7 2	3.67 4.42	4.42 5	27.0 9	25.7 5	25.4 1	2.63	2.80	2.85	41.0 4	41.9 9	42.7 3
106	2.1 2	2.1 3	2.1 3	46.5 9	46.5 7	46.5 7	2.3 2	2.3 3	2.3 3	46.1 0	46.0 8	46.0 8	3.2 9	3.54 3.74	3.74 9	31.0 0	28.9 3	28.4 9	2.33	2.44	2.47	43.0 1	43.2 6	43.4 6
107	2.3 6	2.3 7	2.3 7	46.0 7	46.0 5	46.0 6	2.5 5	2.5 7	2.5 7	45.5 8	45.5 6	45.5 6	3.5 3	3.96 4.11	4.11 6	30.7 8	29.1 1	28.6 8	2.34	2.42	2.45	42.4 7	42.9 0	43.0 5
108	1.9 4	1.9 6	1.9 6	47.0 4	47.0 2	47.0 2	2.1 4	2.1 6	2.1 6	46.5 5	46.5 2	46.5 2	3.0 7	3.34 3.56	3.56 7	33.5 7	31.2 7	30.7 7	2.24	2.30	2.32	43.1 8	43.4 5	43.6 7
109	5.5 5	5.5 7	5.5 7	42.5 9	42.5 8	42.5 8	5.7 8	5.7 7	5.7 7	42.0 9	42.0 8	42.0 8	8.9 6	9.39 9.61	9.61 8	23.8 3	22.5 9	22.3 0	3.21	3.55	3.64	38.7 1	39.1 5	39.3 6
110	5.5 4	5.5 5	5.5 5	42.5 9	42.5 8	42.5 8	5.7 3	5.7 5	5.7 5	42.0 9	42.0 8	42.0 8	9.1 0	9.55 9.62	9.62 5	23.6 5	22.5 7	22.2 9	3.25	3.55	3.65	38.8 4	39.2 9	39.3 6
111	5.5 5	5.5 7	5.5 7	42.5 7	42.5 6	42.5 6	5.7 6	5.7 6	5.7 6	42.0 7	42.0 6	42.0 7	9.0 2	9.23 9.56	9.56 2	23.6 3	22.4 1	22.2 7	3.26	3.61	3.66	38.8 3	39.0 4	39.3 8
112	5.5 4	5.5 5	5.5 5	42.5 7	42.5 6	42.5 6	5.7 4	5.7 5	5.7 5	42.0 7	42.0 6	42.0 6	9.0 1	9.21 9.57	9.57 1	23.6 1	22.3 9	22.1 1	3.26	3.61	3.71	38.8 1	39.0 1	39.3 7

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
113	5.5 5	5.5 6	5.5 6	42.5 5	42.5 4	42.5 4	5.7 4	5.7 6	5.7 5	42.0 5	42.0 5	42.0 5	7.7 6	8.55	0.55	23.4 2	22.3 7	22.0 9	3.31	3.62	3.72	37.5 9	38.3 9	39.3 9
114	5.5 2	5.5 4	5.5 4	42.5 5	42.5 5	42.5 5	5.7 1	5.7 3	5.7 3	42.0 6	42.0 5	42.0 5	8.1 2	8.66	0.55	23.4 1	22.2 1	22.0 8	3.32	3.67	3.73	37.9 6	38.5 0	39.3 9
115	5.4 9	5.5 1	5.5 1	42.5 6	42.5 5	42.5 5	5.6 9	5.7 1	5.7 1	42.0 6	42.0 5	42.0 5	8.1 9	8.80	0.53	23.4 0	22.2 0	21.9 3	3.32	3.68	3.78	38.0 5	38.6 7	39.3 9
116	5.4 7	5.4 9	5.4 9	42.5 7	42.5 6	42.5 6	5.6 6	5.6 8	5.6 8	42.0 7	42.0 6	42.0 6	8.7 0	9.10	0.55	23.3 8	22.1 9	21.9 1	3.32	3.68	3.79	38.5 3	38.9 3	39.3 8
117	5.4 0	5.4 1	5.4 1	42.6 0	42.6 0	42.6 0	5.5 0	5.6 0	5.6 1	42.1 1	42.1 0	42.1 0	9.0 8	9.30	0.50	23.3 7	22.1 7	21.9 0	3.33	3.69	3.79	39.0 0	39.2 2	39.4 1
118	5.4 9	5.5 1	5.5 1	42.5 6	42.5 5	42.5 5	5.6 8	5.7 0	5.7 0	42.0 6	42.0 5	42.0 5	8.5 3	9.24	0.66	23.3 6	22.1 6	21.8 9	3.33	3.69	3.80	38.2 1	38.9 2	39.3 4
119	5.5 4	5.5 6	5.5 6	42.5 4	42.5 3	42.5 3	5.7 3	5.7 5	5.7 5	42.0 4	42.0 3	42.0 3	9.3 9	9.69	0.77	23.1 9	22.1 5	21.8 8	3.38	3.70	3.80	38.9 1	39.2 0	39.2 9
120	5.6 4	5.6 6	5.6 6	42.4 8	42.4 8	42.4 8	5.8 5	5.8 6	5.8 6	41.9 8	41.9 7	41.9 8	9.4 3	9.78	0.94	23.1 8	22.1 4	21.8 7	3.38	3.70	3.81	38.7 0	39.0 5	39.2 1
121	5.6 8	5.7 0	5.7 0	42.4 6	42.4 6	42.4 6	5.8 8	5.9 0	5.9 9	41.9 7	41.9 6	41.9 6	8.4 8	9.41	0.93	23.1 6	21.9 9	21.8 6	3.39	3.76	3.81	37.7 7	38.7 0	39.2 2
122	5.6 9	5.7 1	5.7 1	42.4 6	42.4 5	42.4 5	5.8 9	5.9 0	5.9 0	41.9 6	41.9 5	41.9 5	8.3 3	9.17	0.90	23.1 5	21.9 8	21.7 1	3.39	3.76	3.87	37.6 7	38.5 1	39.2 3
123	5.7 2	5.7 4	5.7 4	42.4 4	42.4 3	42.4 3	5.9 1	5.9 3	5.9 3	41.9 4	41.9 3	41.9 3	8.9 1	9.11	0.86	23.1 4	21.9 7	21.7 0	3.39	3.77	3.87	38.2 9	38.4 9	39.2 5
124	5.7 4	5.7 5	5.7 5	42.4 2	42.4 1	42.4 1	5.9 3	5.9 5	5.9 5	41.9 3	41.9 2	41.9 2	9.0 9	9.14	0.95	23.1 3	21.9 5	21.6 8	3.40	3.77	3.88	38.3 5	38.4 0	39.2 1
125	5.6 8	5.6 9	5.6 9	42.4 4	42.4 4	42.4 4	5.8 4	5.8 9	5.8 9	41.9 5	41.9 4	41.9 4	8.6 3	9.33	0.84	22.9 5	21.9 4	21.6 7	3.45	3.78	3.88	38.0 4	38.7 4	39.2 5
126	5.6 5	5.6 7	5.6 7	42.4 5	42.4 4	42.4 4	5.8 5	5.8 7	5.8 6	41.9 5	41.9 4	41.9 4	8.7 7	8.80	0.84	22.9 4	21.7 9	21.5 3	3.45	3.83	3.94	38.1 9	38.3 1	39.2 6

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
127	5.5 5	5.5 7	5.5 7	42.4 8	42.4 8	42.4 8	5.7 5	5.7 7	5.7 6	41.9 9	41.9 8	41.9 8	8.2 4	9.19	9.71	22.9 3	21.7 8	21.5 1	3.46	3.84	3.95	37.8 5	38.7 9	39.3 1
128	5.4 7	5.4 9	5.4 9	42.5 1	42.5 0	42.5 0	5.6 7	5.6 8	5.6 8	42.0 1	42.0 1	42.0 1	8.4 9	9.38	9.66	22.7 6	21.7 6	21.5 0	3.51	3.85	3.96	38.1 7	39.0 6	39.3 4
129	5.5 3	5.5 5	5.5 5	42.4 7	42.4 6	42.4 6	5.7 3	5.7 4	5.7 4	41.9 7	41.9 6	41.9 6	8.2 4	9.14	9.69	22.7 5	21.6 2	21.3 3	3.51	3.91	4.02	37.8 7	38.7 6	39.3 2
130	5.5 1	5.5 2	5.5 2	42.4 6	42.4 5	42.4 5	5.7 0	5.7 2	5.7 2	41.9 6	41.9 6	41.9 5	9.5 0	9.58	9.73	22.7 4	21.6 1	21.3 5	3.51	3.91	4.02	39.0 8	39.1 7	39.3 1
131	5.6 2	5.6 3	5.6 3	42.3 8	42.3 7	42.3 7	5.8 1	5.8 3	5.8 3	41.8 9	41.8 8	41.8 8	9.2 9	9.82	9.86	22.5 8	21.4 7	21.3 4	3.57	3.97	4.03	38.6 7	39.2 0	39.2 4
132	5.6 9	5.7 1	5.7 1	42.3 3	42.3 2	42.3 2	5.8 9	5.9 1	5.9 1	41.8 4	41.8 3	41.8 3	9.3 3	9.41	10.0	22.5 9	21.4 7	21.2 5	3.57	3.98	4.09	38.3 9	38.4 7	39.1 5
133	5.7 3	5.7 4	5.7 4	42.3 0	42.3 0	42.3 0	5.9 3	5.9 5	5.9 4	41.8 1	41.8 0	41.8 0	9.4 1	9.44	10.0	22.5 9	21.4 6	21.1 4	3.58	3.98	4.09	38.4 6	38.4 9	39.1 5
134	5.7 4	5.7 5	5.7 5	42.2 9	42.2 8	42.2 8	5.9 3	5.9 5	5.9 5	41.7 9	41.7 8	41.7 8	8.5 7	9.31	10.1	22.3 8	21.3 9	21.1 7	3.63	4.04	4.10	37.4 9	38.2 4	39.1 1
135	5.7 4	5.7 5	5.7 5	42.2 7	42.2 7	42.2 7	5.9 3	5.9 5	5.9 5	41.7 8	41.7 7	41.7 7	9.4 1	9.83	10.2	22.3 3	21.2 9	21.0 4	3.63	4.05	4.16	38.2 7	38.6 9	39.0 9
136	5.6 8	5.6 9	5.6 9	42.2 9	42.2 8	42.2 8	5.8 8	5.8 9	5.8 8	41.7 9	41.7 8	41.7 9	9.1 5	9.95	10.1	22.2 5	21.2 3	21.0 3	3.69	4.05	4.17	38.1 2	38.9 2	39.1 2
137	5.6 8	5.7 0	5.7 0	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 8	5.9 0	5.9 0	41.7 7	41.7 6	41.7 6	8.9 9	9.57	10.2	22.2 1	21.1 2	20.9 4	3.69	4.11	4.23	37.8 7	38.4 6	39.1 0
138	5.6 6	5.6 7	5.6 7	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 5	5.8 7	5.8 7	41.7 7	41.7 7	41.7 7	9.2 6	9.60	10.1	22.2 7	21.1 1	20.8 4	3.69	4.12	4.24	38.1 9	38.5 4	39.1 1
139	5.6 3	5.6 4	5.6 4	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 6	5.8 4	5.8 4	41.7 8	41.7 7	41.7 7	9.1 4	9.44	10.1	22.0 5	21.1 7	20.8 3	3.75	4.12	4.24	38.1 1	38.4 1	39.1 2
140	5.6 3	5.6 4	5.6 4	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 2	5.8 3	5.8 3	41.7 7	41.7 6	41.7 6	8.9 7	9.47	10.1	22.0 9	21.0 7	20.8 1	3.75	4.18	4.24	37.8 8	38.3 8	39.1 0

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian kapasitas sejumlah 100, 1000 dan 5000 karakter

NO	DWT DCT LSB						DWT LSB						DCT LSB						DWT DCT					
	MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR			MSE			PSNR		
	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000	100	1000	5000
141	5.6 2	5.6 3	5.6 3	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 2	5.8 3	5.8 3	41.7 7	41.7 6	41.7 6	9.4 5	9.79 5	10.1 1	22.0 6	21.0 0	20.7 6	3.75	4.18	4.30	38.4 8	38.8 2	39.1 4
142	5.6 7	5.6 8	5.6 8	42.2 4	42.2 3	42.2 3	5.8 6	5.8 7	5.8 8	41.7 5	41.7 4	41.7 4	8.8 3	9.82 3	10.2 1	22.0 6	21.0 0	20.7 5	3.75	4.18	4.30	37.7 2	38.7 1	39.1 0
143	5.7 1	5.7 3	5.7 3	42.2 3	42.2 2	42.2 2	5.9 0	5.9 2	5.9 2	41.7 3	41.7 2	41.7 2	9.3 2	9.86 2	10.2 9	22.0 5	20.9 9	20.7 5	3.75	4.19	4.31	38.0 9	38.6 3	39.0 6
144	5.7 9	5.8 0	5.8 0	42.1 9	42.1 9	42.1 9	5.9 8	6.0 0	6.0 0	41.7 0	41.6 9	41.6 9	9.5 0	9.90 0	10.3 4	22.0 5	20.9 9	20.7 4	3.76	4.19	4.31	38.2 1	38.6 1	39.0 4
145	5.7 9	5.8 1	5.8 1	42.1 9	42.1 9	42.1 9	5.9 9	6.0 1	6.0 1	41.7 0	41.6 9	41.6 9	9.6 1	10.2 8	10.4 1	22.0 4	20.9 8	20.7 4	3.76	4.19	4.31	38.2 1	38.8 8	39.0 1
146	5.7 7	5.7 9	5.7 9	42.2 1	42.2 0	42.2 0	5.9 7	5.9 8	5.9 8	41.7 1	41.7 0	41.7 0	8.8 8	9.42 8	10.3 2	22.0 4	20.9 8	20.8 6	3.76	4.19	4.25	37.6 1	38.1 4	39.0 5
147	5.7 4	5.7 6	5.7 6	42.2 3	42.2 2	42.2 2	5.9 4	5.9 5	5.9 5	41.7 3	41.7 2	41.7 2	9.0 1	9.28 1	10.2 2	22.0 4	20.9 8	20.8 6	3.76	4.19	4.25	37.8 7	38.1 4	39.0 9
148	5.6 8	5.6 9	5.6 9	42.2 7	42.2 6	42.2 6	5.8 7	5.8 9	5.8 9	41.7 7	41.7 6	41.7 6	8.9 8	9.91 8	10.2 1	22.0 4	20.9 8	20.8 5	3.76	4.19	4.25	37.8 7	38.7 9	39.0 9
149	5.6 0	5.6 1	5.6 1	42.3 1	42.3 0	42.3 0	5.7 9	5.8 1	5.8 1	41.8 1	41.8 0	41.8 0	8.8 9	9.17 8	10.0 8	22.0 4	21.1 0	20.8 6	3.76	4.13	4.25	37.9 6	38.2 4	39.1 5
150	5.5 1	5.5 2	5.5 2	42.3 6	42.3 5	42.3 5	5.7 0	5.7 2	5.7 2	41.8 6	41.8 5	41.8 5	9.6 4	9.69 4	9.95 4	22.0 4	21.1 1	20.8 6	3.76	4.13	4.25	38.9 1	38.9 6	39.2 1
RATA	3.6 3	3.6 5	3.6 5	44.7 7	44.7 5	44.7 5	3.8 3	3.8 4	3.8 4	44.2 7	44.2 6	44.2 6	5.2 8	5.77 8	6.22 6	24.4 2	23.0 2	22.7 5	3.64	3.99	4.08	40.6 9	41.1 7	41.6 2

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
1	2.0129	2.0271	2.0271	46.9419	46.9200	46.9200	3.0263	31.0624	2.8704	34.2403	3.0083	40.6184
2	2.1703	2.1848	2.1848	46.5046	46.4841	46.4841	3.1924	30.6073	3.0089	33.9470	3.1728	39.8707
3	2.3827	2.3976	2.3972	46.2027	46.1833	46.1838	3.2257	30.4748	3.0292	33.8640	3.2021	39.1833
4	2.2765	2.2917	2.2906	46.6906	46.6695	46.6710	2.9643	31.3283	2.8004	34.2433	2.9440	39.4937
5	2.2495	2.2659	2.2642	46.9034	46.8806	46.8825	2.8580	31.7037	2.7068	34.4196	2.8383	39.4736
6	2.4602	2.4755	2.4745	46.4753	46.4555	46.4569	2.9669	31.4823	2.7909	34.1968	2.9455	38.8918
7	2.6386	2.6538	2.6528	46.1023	46.0840	46.0852	3.0831	31.2007	2.8863	33.9533	3.0594	38.7018
8	2.8119	2.8266	2.8266	45.7996	45.7831	45.7831	3.1705	31.0167	2.9595	33.7860	3.1467	38.5671
9	3.1386	3.1531	3.1531	45.1926	45.1781	45.1781	3.4266	30.2012	3.1840	33.4331	3.3971	37.7920
10	3.2977	3.3128	3.3125	45.0580	45.0436	45.0440	3.4255	30.2066	3.1787	33.4144	3.3926	37.5851
11	3.7694	3.7847	3.7832	44.5795	44.5668	44.5678	3.5379	29.5485	3.2777	33.3195	3.4939	36.4512
12	2.9878	3.0040	3.0021	45.7168	45.6998	45.7015	3.1089	30.7443	2.9159	33.8848	3.0808	38.2928
13	2.8374	2.8534	2.8515	46.1512	46.1334	46.1352	2.9159	31.9013	2.7467	34.2389	2.8904	38.8798
14	2.7236	2.7392	2.7389	46.3764	46.3583	46.3585	2.8526	32.0109	2.6942	34.3808	2.8284	39.0187
15	2.6102	2.6253	2.6251	46.5240	46.5054	46.5056	2.8421	31.7600	2.6847	34.4290	2.8164	38.8965
16	2.6315	2.6465	2.6465	46.5412	46.5229	46.5229	2.8235	31.5430	2.6685	34.4819	2.7966	38.6703
17	2.5417	2.5567	2.5555	46.7665	46.7476	46.7486	2.7602	31.6500	2.6175	34.6688	2.7321	38.7471
18	2.6750	2.6901	2.6900	46.3286	46.3107	46.3108	2.9173	31.0077	2.7542	34.3436	2.8880	38.2171
19	2.7356	2.7513	2.7495	46.0772	46.0593	46.0612	3.0298	30.6022	2.8605	34.1881	3.0020	38.4930
20	2.4404	2.4556	2.4555	46.6972	46.6775	46.6775	2.8433	31.2723	2.7155	34.5839	2.8210	39.5043
21	2.7585	2.7721	2.7718	46.4549	46.4387	46.4388	2.7896	31.3608	2.6689	34.7393	2.7600	39.5197

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
22	1.8574	1.8731	1.8731	48.7631	48.7345	48.7345	2.3552	34.8768	2.3165	36.0971	2.3396	42.8511
23	2.5673	2.5844	2.5822	45.0789	45.0590	45.0614	4.2748	28.8950	3.9676	32.7295	4.2521	37.7486
24	2.7534	2.7701	2.7685	45.1690	45.1506	45.1522	3.8654	29.5793	3.5858	32.9812	3.8434	37.6019
25	2.9621	2.9778	2.9769	44.9413	44.9251	44.9260	3.8887	29.5495	3.5978	32.9302	3.8651	37.3187
26	3.3516	3.3671	3.3671	44.4395	44.4253	44.4253	4.0955	29.0035	3.7750	32.7388	4.0624	36.5763
27	3.2747	3.2903	3.2889	44.8921	44.8772	44.8785	3.6197	29.6894	3.3443	33.1380	3.5865	36.9171
28	2.9649	2.9818	2.9802	45.6556	45.6379	45.6393	3.1709	31.1567	2.9481	33.6889	3.1422	37.7636
29	2.9957	3.0116	3.0110	45.7153	45.6986	45.6991	3.1049	31.4545	2.8892	33.7985	3.0765	37.8603
30	2.9153	2.9307	2.9305	45.9825	45.9656	45.9657	2.9741	31.9008	2.7799	34.0400	2.9462	38.1760
31	3.1592	3.1749	3.1747	45.4723	45.4566	45.4568	3.1800	30.9370	2.9613	33.7362	3.1476	37.3811
32	2.9697	2.9859	2.9848	45.8046	45.7873	45.7884	3.0613	31.3581	2.8632	33.9538	3.0309	37.7912
33	2.7930	2.8083	2.8083	46.0620	46.0446	46.0446	3.0014	31.4447	2.8226	34.0965	2.9740	38.1258
34	2.9026	2.9168	2.9172	45.9195	45.9038	45.9033	3.0288	31.3776	2.8484	34.0930	2.9963	38.0165
35	2.3594	2.3750	2.3750	47.0566	47.0354	47.0354	2.7137	32.7840	2.5872	34.7924	2.6886	39.3316
36	2.2462	2.2622	2.2622	47.4315	47.4086	47.4085	2.6092	33.4812	2.5091	35.1027	2.5885	39.9641
37	2.1893	2.2057	2.2048	47.4326	47.4085	47.4098	2.6331	33.3624	2.5434	35.1008	2.6154	40.3935
38	2.5017	2.5177	2.5171	46.6414	46.6213	46.6220	2.8323	32.4035	2.7194	34.6718	2.8117	39.4357
39	2.1163	2.1321	2.1316	47.4397	47.4159	47.4166	2.6676	33.3381	2.5869	35.0967	2.6525	40.5433
40	2.1881	2.2031	2.2038	46.8865	46.8651	46.8642	2.9051	31.6462	2.8125	34.6850	2.8881	40.3514
41	2.1336	2.1490	2.1487	47.5263	47.5030	47.5033	2.6198	33.1020	2.5581	35.3110	2.6027	41.0909
42	2.2293	2.2448	2.2448	47.7940	47.7708	47.7708	2.4771	34.4559	2.4336	35.6808	2.4607	41.5567

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
43	1.5321	1.5473	1.5473	48.4312	48.4003	48.4003	2.6380	34.3273	2.5757	35.2222	2.6292	41.0222
44	1.8609	1.8762	1.8762	47.3667	47.3414	47.3414	2.8993	32.8813	2.8049	34.6734	2.8879	39.7600
45	1.8518	1.8671	1.8671	47.4412	47.4158	47.4158	2.8642	33.0492	2.7727	34.7470	2.8523	39.6398
46	1.6440	1.6593	1.6593	48.1542	48.1253	48.1253	2.6722	34.2113	2.6038	35.1074	2.6620	40.7464
47	1.6372	1.6525	1.6525	48.2329	48.2038	48.2038	2.6439	34.4163	2.5766	35.1781	2.6329	40.7873
48	1.7673	1.7826	1.7826	47.8651	47.8382	47.8382	2.7136	34.0340	2.6358	35.0191	2.7014	40.2676
49	2.1655	2.1808	2.1808	46.8233	46.8015	46.8015	2.9743	32.8037	2.8689	34.5276	2.9613	38.7137
50	1.8544	1.8696	1.8696	47.6039	47.5783	47.5783	2.7724	33.9419	2.6893	34.8815	2.7624	39.8238
51	1.6708	1.6860	1.6860	48.2451	48.2164	48.2164	2.6139	34.7603	2.5513	35.2385	2.6056	40.6972
52	1.6385	1.6538	1.6538	48.4002	48.3707	48.3707	2.5756	34.9661	2.5181	35.3293	2.5686	40.7483
53	1.9141	1.9294	1.9294	47.5318	47.5069	47.5069	2.7704	33.4007	2.6901	34.8678	2.7595	39.4007
54	2.0259	2.0412	2.0412	47.2314	47.2079	47.2079	2.8439	33.1718	2.7535	34.7430	2.8314	39.0604
55	1.7241	1.7393	1.7393	48.2744	48.2463	48.2463	2.5706	34.5368	2.5138	35.3372	2.5602	40.5593
56	1.9887	2.0040	2.0040	47.6645	47.6401	47.6401	2.6557	33.8807	2.5812	35.1247	2.6423	39.4806
57	1.8263	1.8416	1.8416	48.3258	48.2987	48.2987	2.4997	34.8177	2.4466	35.5480	2.4876	40.1117
58	1.9533	1.9686	1.9686	47.9502	47.9250	47.9250	2.5658	34.3257	2.4991	35.3361	2.5509	39.5483
59	1.8654	1.8807	1.8807	48.2501	48.2235	48.2235	2.5055	34.7729	2.4488	35.5113	2.4914	40.0116
60	1.7824	1.7977	1.7977	48.4658	48.4380	48.4380	2.4774	35.0670	2.4221	35.5895	2.4634	40.4401
61	1.6911	1.7064	1.7064	48.7737	48.7442	48.7442	2.4326	35.2161	2.3848	35.7632	2.4181	40.7074
62	1.8118	1.8271	1.8271	48.3211	48.2938	48.2938	2.5139	34.1853	2.4538	35.5028	2.4965	40.0541
63	1.8612	1.8765	1.8765	48.2412	48.2146	48.2146	2.5150	34.0937	2.4589	35.5179	2.4990	39.9882

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
64	1.9470	1.9623	1.9623	48.0564	48.0310	48.0310	2.5320	34.0460	2.4716	35.4370	2.5167	39.6409
65	1.9482	1.9635	1.9635	47.9697	47.9444	47.9444	2.5595	34.1756	2.4936	35.3543	2.5451	39.6709
66	1.9452	1.9605	1.9605	48.0031	47.9777	47.9777	2.5507	34.2268	2.4833	35.3772	2.5348	39.9360
67	2.6223	2.6368	2.6364	44.7787	44.7621	44.7626	4.6971	25.7421	4.4078	32.8123	4.6436	37.3026
68	3.3107	3.3250	3.3250	43.8667	43.8537	43.8537	5.1804	25.0007	4.8445	32.4664	5.1190	35.6961
69	3.7755	3.7902	3.7898	43.2301	43.2183	43.2186	5.8029	24.6427	5.4134	32.1674	5.7310	34.7080
70	3.7291	3.7454	3.7438	43.6951	43.6819	43.6831	4.8547	25.9134	4.5176	32.5808	4.7853	35.0176
71	3.7057	3.7204	3.7204	44.1009	44.0886	44.0886	4.2050	26.8159	3.9199	32.9843	4.1440	35.2844
72	3.6431	3.6596	3.6577	44.2457	44.2319	44.2333	4.0629	27.0370	3.7902	33.0686	4.0089	35.5870
73	4.0809	4.0969	4.0955	43.6860	43.6740	43.6749	4.4226	26.3774	4.1109	32.7815	4.3569	34.9373
74	4.5816	4.5979	4.5974	43.0232	43.0124	43.0128	5.0187	25.6782	4.6553	32.3702	4.9465	34.1672
75	4.3865	4.4021	4.4013	43.2533	43.2424	43.2430	4.7992	26.4546	4.4529	32.4653	4.7442	34.4909
76	4.5080	4.5236	4.5223	43.0759	43.0654	43.0661	5.0049	26.2261	4.6243	32.3417	4.9389	34.1864
77	3.9185	3.9340	3.9340	43.8816	43.8696	43.8696	4.2741	27.6054	3.9596	32.8092	4.2280	35.1900
78	4.5810	4.5965	4.5954	43.0883	43.0781	43.0787	4.8807	26.3854	4.5134	32.4127	4.8226	34.1139
79	4.2975	4.3130	4.3130	43.2362	43.2254	43.2254	4.9439	26.5351	4.5813	32.4151	4.8911	34.3409
80	3.8818	3.8971	3.8959	43.7978	43.7859	43.7866	4.4513	27.3177	4.1329	32.7403	4.4046	35.0217
81	3.8689	3.8845	3.8843	43.9298	43.9176	43.9177	4.2573	27.5894	3.9639	32.8782	4.2118	35.1382
82	3.3585	3.3739	3.3739	44.7566	44.7426	44.7426	3.6903	28.8810	3.4596	33.3984	3.6590	36.2936
83	3.7460	3.7610	3.7599	44.2125	44.2003	44.2010	3.9896	27.8873	3.7331	33.1470	3.9503	35.3991
84	3.3925	3.4074	3.4074	44.5800	44.5666	44.5666	3.8719	28.1428	3.6421	33.2888	3.8395	36.1193

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
85	2.7088	2.7236	2.7236	45.5508	45.5341	45.5341	3.4989	28.5386	3.3129	33.7212	3.4680	37.7986
86	3.1081	3.1234	3.1234	44.7060	44.6912	44.6912	4.0558	26.5299	3.8251	33.3179	3.9918	36.6191
87	2.4552	2.4707	2.4705	45.6897	45.6706	45.6708	3.6656	26.8786	3.4880	33.7825	3.6119	38.0948
88	2.3648	2.3803	2.3803	45.2284	45.2090	45.2090	4.4338	25.9024	4.2260	33.3523	4.3764	37.8885
89	3.4879	3.5040	3.5040	43.6035	43.5897	43.5897	5.4568	25.0100	5.0480	32.0725	5.3938	34.6039
90	3.8750	3.8913	3.8907	43.2038	43.1913	43.1917	5.6933	24.6635	5.2653	31.9559	5.6294	34.2256
91	4.2760	4.2916	4.2916	42.8278	42.8169	42.8169	5.9388	24.3542	5.4803	31.8093	5.8628	33.6855
92	4.4980	4.5139	4.5134	42.3904	42.3798	42.3802	6.7814	23.7926	6.2712	31.5050	6.7097	33.3532
93	4.6291	4.6453	4.6440	42.0092	41.9989	41.9996	7.8351	23.4272	7.2563	31.1660	7.7726	32.9910
94	4.6910	4.7079	4.7061	41.8037	41.7930	41.7941	8.5347	23.6385	7.9079	31.0036	8.4779	32.7929
95	4.6902	4.7063	4.7052	41.8770	41.8668	41.8674	8.2314	23.9493	7.6245	31.0921	8.1792	32.9428
96	4.3066	4.3228	4.3224	42.3985	42.3873	42.3876	7.1457	24.5077	6.6192	31.4113	7.1018	33.6557
97	4.2010	4.2168	4.2159	42.4864	42.4752	42.4758	7.0835	24.5405	6.5655	31.4639	7.0380	33.6191
98	4.2556	4.2719	4.2719	42.4418	42.4305	42.4305	7.1137	24.4648	6.6089	31.5015	7.0646	33.4154
99	4.2271	4.2430	4.2430	42.4486	42.4374	42.4374	7.1686	24.4408	6.6734	31.5377	7.1154	33.3667
100	4.1009	4.1168	4.1168	42.5862	42.5747	42.5747	7.0018	24.6800	6.5331	31.6706	6.9405	33.7249
101	3.7795	3.7952	3.7952	43.0225	43.0101	43.0101	6.3550	25.3834	5.9507	31.9696	6.3002	34.2927
102	3.3248	3.3411	3.3411	43.8394	43.8249	43.8249	5.2035	26.6025	4.8905	32.5329	5.1550	35.4201
103	3.1049	3.1209	3.1210	44.2229	44.2075	44.2075	4.8204	27.1517	4.5549	32.8242	4.7769	35.9569
104	2.8737	2.8898	2.8894	44.5322	44.5154	44.5158	4.6542	27.2307	4.4206	33.0019	4.6165	36.4802
105	2.4548	2.4700	2.4701	45.4654	45.4468	45.4467	3.9131	28.6029	3.7421	33.5787	3.8804	37.7958

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
106	2.1179	2.1334	2.1326	46.5920	46.5696	46.5707	3.1916	30.5767	3.0982	34.3884	3.1667	38.7703
107	2.3551	2.3710	2.3698	46.0748	46.0543	46.0558	3.3821	29.6918	3.2794	34.2009	3.3505	37.8167
108	1.9439	1.9591	1.9591	47.0427	47.0189	47.0189	3.0400	30.2967	2.9730	34.7250	3.0148	39.2974
109	5.5522	5.5675	5.5675	42.5869	42.5784	42.5784	4.8070	26.1357	4.5086	32.9254	4.7284	33.2027
110	5.5371	5.5524	5.5524	42.5850	42.5765	42.5765	4.8219	26.1360	4.5192	32.9242	4.7432	33.2042
111	5.5497	5.5650	5.5650	42.5709	42.5624	42.5624	4.8377	26.1351	4.5403	32.8987	4.7601	33.2296
112	5.5384	5.5537	5.5537	42.5650	42.5565	42.5565	4.8577	26.1312	4.5531	32.8979	4.7816	33.2675
113	5.5451	5.5604	5.5604	42.5515	42.5431	42.5431	4.8732	26.1338	4.5742	32.8711	4.8005	33.2939
114	5.5206	5.5359	5.5359	42.5539	42.5454	42.5454	4.8869	26.1412	4.5911	32.8698	4.8167	33.3135
115	5.4900	5.5053	5.5053	42.5602	42.5517	42.5517	4.9037	26.1466	4.6052	32.8458	4.8349	33.3244
116	5.4719	5.4872	5.4872	42.5651	42.5566	42.5566	4.9108	26.1634	4.6145	32.8521	4.8439	33.3428
117	5.3956	5.4109	5.4109	42.6045	42.5959	42.5959	4.9108	26.1816	4.6154	32.8309	4.8452	33.3463
118	5.4923	5.5075	5.5075	42.5561	42.5475	42.5475	4.9047	26.2025	4.6095	32.8274	4.8408	33.3355
119	5.5405	5.5558	5.5558	42.5358	42.5274	42.5274	4.8941	26.2250	4.5997	32.8488	4.8324	33.3362
120	5.6410	5.6563	5.6563	42.4847	42.4764	42.4764	4.8933	26.2423	4.6009	32.8423	4.8301	33.3240
121	5.6834	5.6987	5.6987	42.4643	42.4560	42.4560	4.8907	26.2610	4.6005	32.8286	4.8282	33.2957
122	5.6930	5.7083	5.7083	42.4569	42.4486	42.4486	4.8986	26.2779	4.6056	32.8167	4.8349	33.2617
123	5.7213	5.7366	5.7366	42.4356	42.4274	42.4274	4.9123	26.2958	4.6182	32.7995	4.8474	33.2027
124	5.7392	5.7544	5.7544	42.4225	42.4144	42.4144	4.9211	26.3328	4.6263	32.8095	4.8566	33.2090
125	5.6766	5.6919	5.6919	42.4444	42.4361	42.4361	4.9356	26.3648	4.6413	32.7996	4.8738	33.2201
126	5.6508	5.6661	5.6661	42.4452	42.4369	42.4369	4.9565	26.3892	4.6587	32.7825	4.8955	33.2360

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
127	5.5533	5.5686	5.5686	42.4848	42.4764	42.4764	4.9769	26.4164	4.6797	32.7685	4.9161	33.3058
128	5.4744	5.4897	5.4897	42.5099	42.5014	42.5014	5.0056	26.4089	4.7110	32.7566	4.9478	33.3535
129	5.5307	5.5459	5.5459	42.4653	42.4569	42.4569	5.0322	26.3917	4.7369	32.7403	4.9776	33.3553
130	5.5075	5.5228	5.5228	42.4615	42.4530	42.4530	5.0621	26.3673	4.7700	32.7351	5.0103	33.3255
131	5.6192	5.6345	5.6345	42.3831	42.3748	42.3748	5.1016	26.3272	4.8107	32.7156	5.0499	33.2855
132	5.6909	5.7062	5.7062	42.3331	42.3249	42.3249	5.1281	26.3108	4.8353	32.6883	5.0776	33.2606
133	5.7286	5.7439	5.7439	42.3044	42.2963	42.2963	5.1485	26.3157	4.8562	32.6781	5.0972	33.2591
134	5.7371	5.7524	5.7524	42.2878	42.2796	42.2796	5.1745	26.3298	4.8823	32.6682	5.1235	33.2887
135	5.7358	5.7511	5.7511	42.2734	42.2653	42.2653	5.2048	26.3309	4.9092	32.6664	5.1548	33.3090
136	5.6757	5.6910	5.6910	42.2895	42.2813	42.2813	5.2350	26.3315	4.9446	32.6364	5.1860	33.3298
137	5.6836	5.6989	5.6989	42.2703	42.2621	42.2621	5.2637	26.3362	4.9671	32.6141	5.2156	33.3390
138	5.6583	5.6735	5.6735	42.2711	42.2629	42.2629	5.2901	26.3484	4.9957	32.6144	5.2424	33.3472
139	5.6295	5.6448	5.6448	42.2719	42.2636	42.2636	5.3173	26.3488	5.0207	32.6046	5.2706	33.3458
140	5.6256	5.6409	5.6409	42.2666	42.2583	42.2583	5.3351	26.3509	5.0342	32.5901	5.2874	33.3356
141	5.6160	5.6312	5.6312	42.2688	42.2606	42.2606	5.3428	26.3690	5.0357	32.5856	5.2943	33.3289
142	5.6671	5.6824	5.6824	42.2431	42.2349	42.2349	5.3404	26.3922	5.0392	32.5916	5.2919	33.3178
143	5.7107	5.7260	5.7260	42.2258	42.2176	42.2176	5.3323	26.4222	5.0308	32.5766	5.2831	33.3047
144	5.7871	5.8024	5.8024	42.1931	42.1851	42.1851	5.3220	26.4520	5.0220	32.5781	5.2720	33.2703
145	5.7947	5.8100	5.8100	42.1932	42.1852	42.1852	5.3121	26.4931	5.0113	32.5860	5.2616	33.2767
146	5.7727	5.7880	5.7880	42.2079	42.1999	42.1999	5.3047	26.5358	5.0075	32.5967	5.2534	33.3022
147	5.7403	5.7556	5.7556	42.2283	42.2202	42.2202	5.2969	26.5748	4.9975	32.6094	5.2457	33.3165

Lampiran 2. Tabel Pengujian dengan Transformasi Rotasi, Noise dan Blur

NO	TANPA						ROTASI		NOISE		BLUR	
	MSE			PSNR			MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
	100	1000	5000	100	1000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
148	5.6764	5.6917	5.6917	42.2657	42.2575	42.2575	5.2832	26.6119	4.9862	32.6055	5.2334	33.3195
149	5.5951	5.6104	5.6104	42.3093	42.3009	42.3009	5.2775	26.6353	4.9752	32.6014	5.2276	33.3579
150	5.5053	5.5206	5.5206	42.3574	42.3490	42.3490	5.2713	26.6584	4.9718	32.6119	5.2218	33.3833
RATA	3.6324	3.6478	3.6475	44.7670	44.7513	44.7516	4.1479	28.9922	3.9095	33.4904	4.1080	36.4843