

DIGITAL IMAGE WATERMARKING DALAM DOMAIN DISCRETE WAVELET TRANSFORM MENGGUNAKAN TEKNIK BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK

Hetthroh Sagala

NRP : 1222049

e-mail : hetthrohsagala@gmail.com

ABSTRAK

Perlindungan hak cipta dalam dunia *digital* sekarang sudah menjadi isu yang penting karena semakin pesatnya perkembangan jaringan *internet* dan teknologi *digital* sehingga orang dapat dengan mudah menyalahgunakan media *digital*. Sebagai salah satu solusi untuk isu ini, *digital watermarking* menjadi populer saat ini.

Pada Tugas Akhir ini, direalisasikan *digital image watermarking* dengan menggunakan teknik *Back Propagation Neural Network* (BPNN) dalam domain *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Citra *host* dipisah menjadi tiga kanal yaitu *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) lalu pilih kanal *Blue* untuk dilakukan DWT 2-level dan sebagai tempat penyisipan *watermark*. Hasil DWT 2-level dikuantisasi sebesar Q lalu bagi menjadi 3x3 *overlapping block* untuk menjadi *input* BPNN. Keluaran dari BPNN digunakan untuk penyisipan dan ekstraksi *watermark*.

Hasil yang diperoleh dari *watermarking* ini menunjukkan nilai PSNR sekitar 64dB sampai 74 dB dan nilai MOS sekitar 4,2 sampai 4,6. *Watermark* tahan terhadap serangan (terlihat secara *visual* dan dapat dikenali) *Cropping* 20%, 30%, 40%, 50%, *JPEG Compression* dengan *quality factor* (Q) = 20, 40, 60, 80, *Rotation* 20°, 30°, 40°, 50°, *Median filtering* 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, *Salt & Pepper Noise* 0,01, 0,03, 0,05, 0,07, dan *Scaling* 50%, 75%, 150%, 200%. Arsitektur BPNN 8-3-1 memiliki hasil PSNR dan Nilai NCC lebih baik dibandingkan dengan arsitektur 8-5-1 dan 8-7-1. Nilai Kuantisasi 16 menghasilkan nilai NCC lebih baik dibandingkan dengan nilai kuantisasi 8. *Learning rate* 0,2 adalah yang paling baik daripada 0,1 dan 0,3 saat penyisipan *watermark* karena menghasilkan PSNR paling tinggi.

Kata kunci: *digital image watermarking, DWT, back propagation neural network*

DIGITAL IMAGE WATERMARKING IN DISCRETE WAVELET TRANSFORM DOMAIN USING BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK TECHNIQUE

Hetthroh Sagala

NRP : 1222049

e-mail : hetthrohsagala@gmail.com

ABSTRACT

The copyright protection of digital content became a critical issue nowadays because the rapid development of internet and digital technology so that people can easily misuse digital media content. As one of solution to this problem, digital watermarking is becoming popular these days.

A digital image watermarking approach based on Back Propagation Neural Network (BPNN) in discrete wavelet transform (DWT) domain proposed in this final project. Host image is split into three channels Red (R), Green (G), and Blue (B) then select blue channel to decomposed up to 2-level using DWT and as a place embedding watermark. The 2-level DWT result are quantized with Q then split into 3x3 overlapping block as input to BPNN. BPNN output used for watermark embedding and extraction.

The result obtained for this proposed watermarking show a PSNR value about 64 dB to 74 dB and MOS value about 4,2 to 4,6. Watermark is robust (That visually visible and recognizable) against Cropping 20%, 30%, 40%, 50%, JPEG Compression with quality factor (Q) =20, 40, 60, 80, Rotation 20°, 30°, 40°, 50°, Median filtering 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, Salt & Pepper Noise 0,01, 0,03, 0,05, 0,07, and Scaling 50%, 75%, 150%, 200%. 8-3-1 BPNN architecture had better PSNR and NCC value than 8-5-1 and 8-7-1 architecture. 16 quantization value gives NCC value better than 8 quantization value. 0,2 learning rate gives best result than 0,1 and 0,3 when watermark embedding because it produced the highest PSNR value.

Keywords: digital image watermarking, DWT, back propagation neural network

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Pembatasan Masalah.....	2
I.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1 <i>Watermarking</i>	5
II.1.1 Kriteria <i>Watermarking</i>	5
II.1.2 Klasifikasi <i>Watermarking</i>	6
II.1.3 Aplikasi <i>Watermarking</i>	6
II.1.4 <i>Digital Image Watermarking</i>	7

II.2 Citra <i>Digital</i>	8
II.3 <i>Discrete Wavelet Transform</i> (DWT).....	10
II.4 <i>Back Propagation Neural Network</i> (BPNN).....	11
II.4.1 Arsitektur BPNN	12
II.4.2 Fungsi Aktivasi.....	12
II.4.3 Algoritma Pelatihan.....	14
II.4.3.1 Algoritma Pelatihan (<i>Training</i> BPNN)	15
II.5 Kualitas Citra.....	17
II.5.1 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i>	17
II.5.2 <i>Mean Opinion Score</i> (MOS)	18
II.5.3 <i>Normalized Cross Correlation</i> (NCC)	19
BAB III PERANCANGAN SISTEM	20
III.1 Perancangan Sistem	20
III.1.1 Proses Penyisipan <i>Watermark</i>	21
III.1.2 <i>Flowchart</i> Proses Penyisipan <i>Watermark</i>	23
III.1.3 <i>Flowchart</i> Subrutin Pelatihan <i>Back Propagation Neural Network</i>	25
III.1.4 Diagram Blok Proses Ekstraksi <i>Watermark</i>	30
III.1.5 <i>Flowchart</i> Proses Ekstraksi <i>Watermark</i>	31
III.1.6 <i>Flowchart</i> Subrutin BPNN Saat Ekstraksi <i>Watermark</i>	33
III.2 Perancangan <i>Graphical User Interface</i> (GUI).....	35
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	37
IV.1 Hasil Pengujian Penyisipan dan Ekstraksi <i>Watermark</i> untuk Masing-masing Arsitektur BPNN dan Masing-masing Nilai Kuantisasi Dengan Citra <i>Host Lena</i>	37
IV.2 Hasil Penggunaan Tiap Arsitektur dan Nilai Kuantisasi untuk Citra <i>Host Babbon</i>	39

IV.3 Hasil Penggunaan Tiap Arsitektur dan Nilai Kuantisasi untuk Citra <i>Host Pepper</i>	40
IV.4 Kualitas Citra	41
IV.5 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	42
IV.6 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	46
IV.7 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	50
IV.8 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Median Filtering</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	54
IV.9 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	58
IV.10 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	62
IV.11 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap Semua Jenis Serangan Pada Citra <i>Host Pepper</i>	66
IV.12 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap Semua Jenis Serangan Pada Citra <i>Host Baboon</i>	73
IV.13 Pengujian Pengaruh <i>Learning Rate</i> Pada Arsitektur dan Kuantisasi.....	79
IV.14 Pengujian Waktu Penyisipan dan Ekstraksi <i>Watermark</i>	80
IV.15 Tampilan Rancangan <i>Program Graphical User Interface (GUI)</i>	82
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	83
V.1 Simpulan.....	83
V.2 Saran.....	83
DAFTAR REFERENSI	84

LAMPIRAN A Gambar Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Pada Citra <i>Baboon dan Pepper</i>	A-1
LAMPIRAN B <i>Listing Program</i>	B-1
LAMPIRAN C Kuesioner Penilaian Subjektif	C-1



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Citra Biner	8
Gambar II.2 Citra <i>Grayscale</i>	9
Gambar II.3 Citra Warna 4-bit dan Representasi 3 <i>Byte</i> Citra Warna	10
Gambar II.4 DWT 2-level	11
Gambar II.5 Jaringan BPNN dengan Satu <i>Hidden Layer</i>	12
Gambar II.6 Kurva Nilai <i>Binary Sigmoid</i> dengan Range(0,1).....	13
Gambar II.7 Kurva Nilai <i>Sigmoid Bipolar</i> dengan Range(-1,1)	13
Gambar II.8 Kurva Nilai Fungsi <i>Linear / Identitas</i> dengan Range $(-\infty, \infty)$	14
Gambar III.1 Arsitektur BPNN	20
Gambar III.2 Diagram Blok Proses Penyisipan <i>Watermark</i>	21
Gambar III.3 3 DWT 2-Level.....	21
Gambar III.4 3x3 <i>Overlapping Block</i>	22
Gambar III.5 <i>Flowchart</i> Penyisipan <i>Watermark</i>	23
Gambar III.6 <i>Flowchart</i> Subrutin Pelatihan BPNN Penyisipan <i>Watermark</i>	25
Gambar III.7 Diagram Blok Proses Ekstraksi Citra <i>Watermark</i>	30
Gambar III.8 <i>Flowchart</i> Proses Ekstraksi <i>Watermark</i>	31
Gambar III.9 <i>Flowchart</i> Subrutin BPNN Ekstraksi <i>Watermark</i>	33
Gambar III.10 Tampilan Perancangan GUI <i>Matlab</i>	35
Gambar VI.1 Penyisipan dan Ekstraksi Menggunakan BPNN dengan Arsitektur 8-3-1 dan Q=8 (a) Citra <i>Host</i> Asli, (b) Citra ber- <i>watermark</i> , (c) Citra <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi	38
Gambar VI.2 Penyisipan dan Ekstraksi Menggunakan BPNN dengan Arsitektur 8-3-1 dan Q=8 (a) Citra <i>Host</i> Asli, (b) Citra ber- <i>watermark</i> , (c) Citra <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi	39

Gambar VI.3 Penyisipan dan Ekstraksi Menggunakan BPNN dengan Arsitektur 8-3-1 dan Q=8 (a) Citra <i>Host</i> Asli, (b) Citra ber- <i>watermark</i> , (c) Citra <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi	40
Gambar VI.4 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8	42
Gambar VI.5 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8	43
Gambar VI.6 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8	43
Gambar VI.7 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16	44
Gambar VI.8 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16	44
Gambar VI.9 <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20%, (b) 30%, (c) 40%, (d) 50% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Cropping</i> (e) 20%, (f) 30%, (g) 40%, (h) 50% Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16	45
Gambar VI.10 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8	46

Gambar VI.11 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8.....	47
Gambar VI.12 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8.....	47
Gambar VI.13 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16.....	48
Gambar VI.14 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16.....	48
Gambar VI.15 <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) Q=20, (b) Q=40, (c) Q=60, (d) Q=80 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>JPEG Compression</i> (e) Q=20, (f) Q=40, (g) Q=60, (h) Q=80 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16.....	49
Gambar VI.16 <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8.....	50
Gambar VI.17 <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8.....	51
Gambar VI.18 <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8.....	51

Gambar VI.19 <i>Rotation</i> Pada Citra Lena (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16.....	52
Gambar VI.20 <i>Rotation</i> Pada Citra Lena (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16.....	52
Gambar VI.21 <i>Rotation</i> Pada Citra Lena (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50° dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Rotation</i> (e) 20°, (f) 30°, (g) 40°, (h) 50° Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16.....	53
Gambar VI.22 <i>Median Filtering</i> Pada Citra Lena (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8.....	54
Gambar VI.23 <i>Median Filtering</i> Pada Citra Lena (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8.....	55
Gambar VI.24 <i>Median Filtering</i> Pada Citra Lena (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8.....	55
Gambar VI.25 <i>Median Filtering</i> Pada Citra Lena (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16.....	56
Gambar VI.26 <i>Median Filtering</i> Pada Citra Lena (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16.....	56

Gambar VI.27 <i>Median Filtering</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 3x3, (b) 5x5, (c) 7x7, (d) 9x9 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Median Filtering</i> (e) 3x3, (f) 5x5, (g) 7x7, (h) 9x9 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16.....	57
Gambar VI.28 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8.....	58
Gambar VI.29 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8.....	59
Gambar VI.30 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8.....	59
Gambar VI.31 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16.....	60
Gambar VI.32 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16.....	60
Gambar VI.33 <i>Salt & Pepper Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 0,01, (b) 0,03, (c) 0,05, (d) 0,07 dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Salt & Pepper Noise</i> (e) 0,01, (f) 0,03, (g) 0,05, (h) 0,07 Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16.....	61

Gambar VI.34 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=8.....	62
Gambar VI.35 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=8.....	63
Gambar VI.36 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=8.....	63
Gambar VI.37 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-3-1 dan Q=16.....	64
Gambar VI.38 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-5-1 dan Q=16.....	64
Gambar VI.39 <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i> (a) 50%, (b) 75%, (c) 150%, (d) 200% dan <i>Watermark</i> Hasil Ekstraksi Untuk Masing-masing <i>Scaling</i> (e) 50%, (f) 75%, (g) 150%, (h) 200% Pada Arsitektur 8-7-1 dan Q=16.....	65
Gambar VI.40 Tampilan GUI Program <i>Watermark</i>	81

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Kriteria <i>Mean Opinion Score</i> (MOS).....	18
Tabel IV.1 Hasil Pengujian Penyisipan dan Ekstraksi <i>Watermark</i> Pada Citra <i>Host Lena</i>	38
Tabel IV.2 Hasil Pengujian Penyisipan dan Ekstraksi <i>Watermark</i> Pada Citra <i>Host Baboon</i>	39
Tabel IV.3 Hasil Pengujian Penyisipan dan Ekstraksi <i>Watermark</i> Pada Citra <i>Host Pepper</i>	40
Tabel IV.4 Hasil Nilai MOS dan PSNR Kualitas Citra Hasil Penyisipan <i>Watermark</i>	41
Tabel IV.5 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Lena</i>	45
Tabel IV.6 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Lena</i>	49
Tabel IV.7 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Lena</i>	53
Tabel IV.8 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Median Filtering</i> Pada Citra <i>Lena</i>	57
Tabel IV.9 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Salt & Pepper</i> <i>Noise</i> Pada Citra <i>Lena</i>	61
Tabel IV.10 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Lena</i>	65
Tabel IV.11 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	67
Tabel IV.12 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	68

Tabel IV.13 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	69
Tabel IV.14 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Median Filtering</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	70
Tabel IV.15 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Salt & Pepper</i> <i>Noise</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	71
Tabel IV.16 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Pepper</i>	72
Tabel IV.17 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Cropping</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	73
Tabel IV.18 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>JPEG Compression</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	74
Tabel IV.19 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Rotation</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	75
Tabel IV.20 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Median Filtering</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	76
Tabel IV.21 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Salt & Pepper</i> <i>Noise</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	77
Tabel IV.22 Hasil Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> Terhadap <i>Scaling</i> Pada Citra <i>Baboon</i>	78
Tabel IV.23 Hasil Pengujian <i>Learning Rate</i> Pada Citra <i>Lena</i>	79
Tabel IV.24 Spesifikasi <i>Notebook</i>	80
Tabel IV.25 Hasil Pengujian Waktu Penyisipan dan Ekstraksi Pada Citra <i>Lena</i>	80
Tabel IV.26 Hasil Pengujian Waktu Penyisipan dan Ekstraksi Pada Citra <i>Pepper</i>	80
Tabel IV.27 Hasil Pengujian Waktu Penyisipan dan Ekstraksi Pada Citra <i>Baboon</i>	81

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Gambar Hasil Pengujian Ketahanan Watermark Pada Citra <i>Baboon dan Pepper</i>	A-1
LAMPIRAN B <i>Listing Program</i>	B-1
LAMPIRAN C Kuesioner Penilaian Subjektif	C-1

