

PEMAMPATAN CITRA DIGITAL ARAS KEABUAN (GRAYSCALE) DENGAN METODE KOMBINASI PENYANDIAN MODIFIED EMBEDDED ZEROTREE WAVELET (MEZW) DAN HUFFMAN

Rio Lenardo Karo Karo^{*)}, Achmad Hidayatno, and Munawar Agus Riyadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jalan Prof. Sudharto, SH., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email: riolenkaro@gmail.com

Abstrak

Sebuah citra biasanya mengandung jumlah data yang besar untuk kualitas gambar yang baik, sehingga membutuhkan kapasitas penyimpanan yang besar. Salah satu cara untuk mengurangi kebutuhan penyimpanan citra yang besar adalah dengan melakukan pemampatan citra. Pemampatan citra dapat meningkatkan performa sistem digital dengan mengurangi waktu dan biaya pada penyimpanan dan pentransmisian citra tanpa mengurangi kualitasnya secara signifikan. *Modified Embedded Zerotree Wavelet* (MEZW) merupakan salah satu algoritma penyandian untuk pemampatan citra menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Proses penyandian MEZW dimulai dengan proses DWT sehingga diperoleh koefisien pendekatan dan koefisien detail. Kemudian koefisien ini dikuantisasi menurut penyandian MEZW. Selanjutnya Hasil penyandian MEZW ini dikombinasikan dengan metode penyandian *Huffman*. Pengujian aplikasi pemampatan ini menggunakan 4 citra aras-keabuan berformat berkas .bmp yang memiliki resolusi 256 x 256 piksel dan 512 x 512 piksel dengan variasi threshold. Berdasarkan hasil pengujian terhadap citra uji diperoleh rasio pemampatan citra maksimal sebesar 173,26 dan minimal 3,05 kali lebih kecil dibandingkan citra uji dengan tingkat dekomposisi maksimal pada masing-masing citra. Nilai PSNR rata-rata 31,78 dB dan MSE 85,21 dengan menggunakan variasi threshold 8, 16, 32, 64 dan 128.

Kata kunci: Pemampatan citra, Discrete Wavelet Transform (DWT), Modified Embedded Zerotree Wavelet (MEZW), Huffman

Abstract

An image usually contains large amount of data for good picture quality that need larger storage capacity. One solution to reduce large storage capacity requirement usage for image is by image compression. Image compression can improve the performance of the digital systems by reducing time and cost in image storage and transmission without significant reduction of the image quality. *Modified Embedded Zerotree Wavelet* (MEZW) is one of encoding algorithm for image compression using *Discrete Wavelet Transform* (DWT). The process of encoding started with DWT to obtain coefficients of approximation and detail. Then these coefficients was quantized through MEZW encoding method. The results of MEZW encoding were combined with *Huffman* encoder. Tests of Image compression application used 4 grayscale image files with .bmp format, 256 x 256 pixel and 512 x 512 pixel resolutions and threshold variation. Based on experiments, image compression ratio of maximum 173,26 and minimum 3,05 more smaller than test image in maximum level decomposition were obtained. The average PSNR was 31,78 dB and MSE 85,21 using a variation threshold 8, 16, 32, 64 and 128.

Keyword: Image compression, Discrete Wavelet Transform (DWT), Modified Embedded Zerotree Wavelet (MEZW), Huffman.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi internet yang begitu pesat menjadikan semakin banyak konten menarik dan penting dapat diperoleh dengan mudah. Hal ini menyebabkan dibutuhkan kapasitas memori (*Hardware*) yang lebih

besar untuk menyimpan konten tersebut. Namun penambahan kapasitas memori memerlukan biaya tambahan. Oleh karena itu, beberapa metode alternatif diterapkan diantaranya dengan sistem penyimpanan *cloud* dan pemampatan data. Pemampatan data dapat menghemat jumlah bit yang diperlukan untuk mempresentasikan setiap konten data.

Pemampatan data merupakan proses mengubah masukan runtunan data ke runtunan data yang memiliki ukuran lebih kecil untuk mengurangi kebutuhan akan media penyimpanan[1]. Pemampatan data juga dapat dilakukan untuk format berkas citra. Citra asli umumnya disimpan dalam format *Bitmap* yang menghasilkan ukuran berkas yang besar untuk disimpan atau dikirim.

Teknik dan algoritma pemampatan dapat digunakan untuk menghasilkan berkas baru dari citra yang asli dengan ukuran yang lebih kecil tanpa mengurangi kualitas citra[2]. Salah satu teknik pemampatan yang menghasilkan ukuran hasil pemampatan signifikan lebih kecil diantaranya ialah *Joint Photographic Experts Group* (JPEG). JPEG menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT) sebelum melakukan penyandian untuk kuantisasi. JPEG merupakan teknik pemampatan yang bersifat *lossy* dan juga terdapat yang *lossless*[1].

Pada Tugas Akhir ini dirancang suatu aplikasi teknik pemampatan citra digital dengan menggunakan metode *Modified Embedded Zerotree Wavelet* (MEZW) dan *Huffman*. Metode ini menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dalam pengaplikasiannya sehingga diperoleh koefisien-koefisien berdasarkan sub-bidang frekuensi secara rinci. MEZW melakukan penyandian secara progresif sehingga rasio pemampatan semakin bervariasi. Semakin banyak bit yang digunakan dan ditambahkan dalam penyandian maka peawasandian citra rekonstruksi semakin lebih detail[3].

2. Perancangan Dan Implementasi Sistem

2.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Gambaran umum perancangan sistem

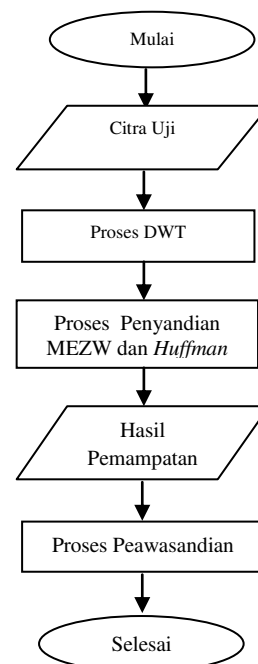
Sistem pada gambar 1 ini bekerja dengan mengolah citra digital aras-keabuan untuk dimampatkan menggunakan metode MEZW. Penjelasan secara garis besar dari sistem pemampatan citra ini ialah :

1. Citra uji menggunakan citra digital *grayscale* yang berformat BMP (.bmp) dengan ukuran 256 x 256 dan 512 x 512.
2. Tahap selanjutnya ialah melakukan pemampatan dengan menggunakan Matlab 2011b. Program ini terdiri dari 3 bagian dalam melakukan pemampatan yaitu

- a. Penyandian Citra.
 - i. Proses DWT.
 - ii. Penyandian dengan metode MEZW.
 - iii. Penyimpanan runtunan bit hasil penyandian dengan metode *Huffman*.
 - b. Peawasandian hasil kombinasi penyandian MEZW dan *Huffman* secara langsung atau yang telah disimpan sebelumnya.
3. Tahap terakhir, citra yang telah dinirmampatkan dibandingkan dengan citra uji untuk mendapatkan nilai PSNR. Waktu sandi, waktu awasandi dan waktu total juga diperoleh untuk mengetahui perbedaan waktu dengan variasi citra uji dan parameter pemampatan, yaitu tapis dan tingkat dekomposisi. Rasio pemampatan memberikan pengetahuan mengenai perbandingan ukuran berkas citra uji dengan ukuran hasil pemampatan.

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak disini meliputi pengambilan citra uji yang bertipe *bitmap*, proses DWT, simulasi MEZW dan *Huffman*, hasil pemampatan dan proses peawasandian. Gambar 2 adalah penjelasan tentang perancangan perangkat lunak dengan menggunakan metode MEZW dan *Huffman*.







Gambar 2. Diagram alir sistem pemampatan citra

2.3. Citra Uji

Citra uji yang digunakan merupakan citra aras keabuan (*grayscale*) dengan ketentuan seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Citra uji yang digunakan.

No.	Nama Berkas	Resolusi	Ukuran
1.	Head.bmp 	256 × 256	65 KB
2.	Lena.bmp 	256 × 256	65 KB
3.	Girl.bmp 	512 × 512	257 KB
4.	City.bmp 	512 × 512	257 KB

2.4. Proses Discrete wavelet transform (DWT)

DWT berfungsi mengubah citra yang berada pada ranah spasial kedalam ranah skala-spasial. DWT menggunakan dua fungsi dalam melakukan operasinya yaitu fungsi skala dan *wavelet*. Masing-masing fungsi menghasilkan koefisien pendekatan dan detail. Proses untuk menghasilkan koefisien-koefisien ini disebut dekomposisi. Dekomposisi pada koefisien pendekatan secara berulang hingga titik maksimal menghasilkan *multiresolution*[1].

Multiresolution ini jika diterjemahkan dalam ranah frekuensi menghasilkan koefisien yang berada pada sub-bidang frekuensi masing-masing secara rinci. Atau dengan kata lain diperoleh sinyal atau citra yang sama dengan representasi frekuensi yang berbeda-beda.

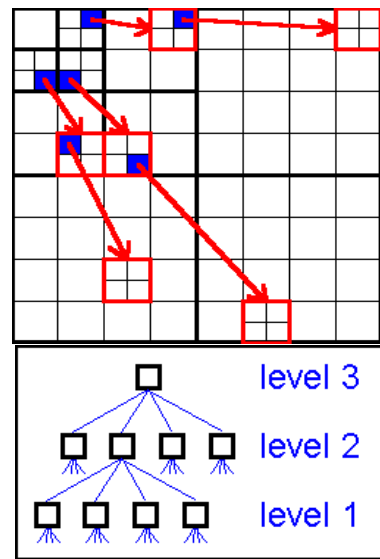
2.5. Penyandian MEZW dan Huffman

Berdasarkan hasil dari dekomposisi, diberlakukan metode penyandian untuk kuantisasi berdasarkan kesamaan hak waris pada masing-masing sub-band. Kesamaan hak waris merupakan korelasi antara sub-bidang pada tingkat dekomposisi *n* dengan tingkat dekomposisi dibawahnya. Pada citra, kesamaan hak waris ini dapat ditunjukkan antar piksel pada tingkat dekomposisi *n* dengan *n-1* sesuai sub-bidang masing-masing. Hubungan ini disebut induk dengan anak. Hubungan ini ditunjukkan pada gambar 3[2].

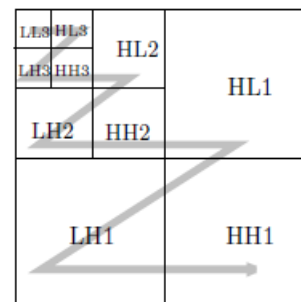
Metode MEZW menggunakan *threshold* sebagai parameter untuk kuantisasi. Hasil kuantisasi kemudian dipisahkan berdasarkan simbol P, N, p, n, T, Z.

Penjelasan mengenai masing-masing simbol ialah sebagai berikut[4][3].

1. P : Jika koefisien positif dan nilai absolute koefisien tersebut dan anaknya sama dengan atau lebih besar dibandingkan *threshold* T.
2. N : Jika koefisien negatif dan nilai absolute koefisien tersebut dan anaknya sama dengan atau lebih besar dibandingkan *threshold* T.
3. p : Jika koefisien positif dan nilainya sama dengan atau lebih besar dibandingkan *threshold* T dan semua anaknya memiliki nilai absolute dibawah nilai *threshold*.
4. n : Jika koefisien negatif dan nilai absolutenya sama dengan atau lebih besar dibandingkan *threshold* T dan semua anaknya memiliki nilai absolute dibawah nilai *threshold*.
5. T (*zerotree*) : Jika nilai absolute dari koefisien dan anaknya lebih kecil dibandingkan *threshold* T.
6. Z (nol terisolasi) : Jika nilai absolute dari koefisien lebih kecil dibandingkan *threshold* T dan memiliki satu atau lebih anak yang nilai absolutenya diatas nilai *threshold*.



Gambar 3. Hubungan induk dan anak koefisien Wavelet



Gambar 4. Pola scan Morton pada tingkat dekomposisi 3

Scan pada simbol-simbol ini sesuai dengan pola pada gambar 4. Scan terhadap koefisien dilakukan dengan langkah tidak ada anakan yang discan sebelum induknya. Untuk transformasi tingkat dekomposisi N, scan dimulai dengan frekuensi sub-bidang pada tingkat tertinggi, dinotasikan LLN kemudian sub-bidang HLN, LHN dan HHN lalu pindah pada tingkat N-1. Pola scan ini disebut pola Morton[1][3].

Setelah scan terhadap koefisien dengan parameter *threshold* T selesai hingga HH1, maka dilakukan scan kembali atau *looping* dengan $T=T/2$. *Threshold* digunakan untuk menghitung *significance map* yang terdiri dari koefisien wavelet signifikan dan tidak signifikan. *Zerotree* digunakan untuk merepresentasikan *significance map* dengan cara yang efisien. Langkah utamanya ialah sebagai berikut[1].

1. Atur nilai *threshold* T dengan nilai terendah dari $2n$ yang lebih besar dari $\max(i,j) | c_{i,j} | / 2$, dimana $c_{i,j}$ merupakan koefisien *wavelet*
2. Penyandian *significance map* : scan semua koefisien dengan metode morton sehingga diperoleh simbol-simbol $|c_{i,j}| > T$. Ketika peawasandi mendapatkan simbol ini maka akan diberi nilai $c_{i,j} = \pm 1,5T$.
3. Membaharui setiap koefisien signifikan dengan mengirimkan satu bit lagi untuk tambahan representasi binernya. Ketika *decoder* menerima, nilai ditambahkan dengan nilai *threshold* yang sedang berlangsung $\pm 0,25T$.
4. Atur $T=T/2$ dan lanjut kembali ke langkah 2 jika iterasi lanjut diperlukan.

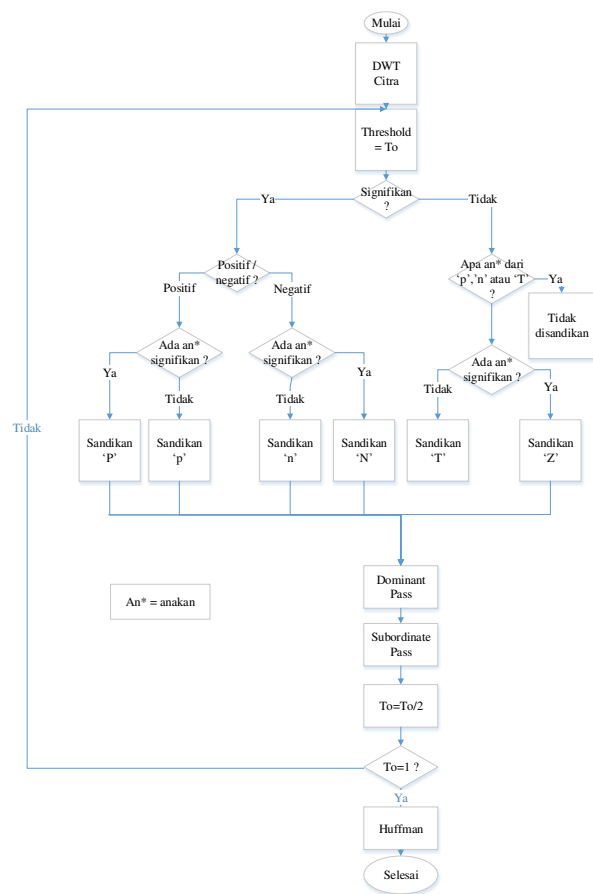
Koefisien wavelet $c_{i,j}$ dikatakan tidak signifikan terhadap *threshold* yang sedang berlangsung jika $|c_{i,j}| \leq T$. Jika koefisien *wavelet* dengan skala kasar (diatas pada piramida citra) tidak signifikan terhadap *threshold* T yang sedang berlangsung, maka setiap koefisien pada orientasi dan lokasi spasial yang sama di skala lembut (terletak pada bagian bawah piramida) kemungkinan besar tidak signifikan terhadap T[1].

Zerotree dapat dilihat sebagai struktur untuk membantu mendapatkan koefisien yang tidak signifikan. Dua daftar digunakan pada *encoder* (dan *decoder*) pada proses scan. *Dominant list* berisi koordinat-koordinat koefisien yang tidak signifikan. *Subordinate list* berisi magnitudo dari koefisien signifikan. Setiap koefisien discan sekali untuk setiap iterasi. Iterasi terdiri dari *dominant pass* diikuti dengan *subordinate pass*. Pada *Dominant pass*, koefisien dari *dominant list* di tes apakah signifikan atau tidak. Jika koefisien ditemukan signifikan, maka[1].

1. Simbolnya ditentukan
2. Diklasifikasikan dengan simbol P, p, N atau n
3. Nilai *Magnitude*-nya kemudian dimasukkan pada *subordinate list*, dan
4. koefisien tersebut di ganti dengan nilai 0 pada citra.

Langkah terakhir dilakukan agar koefisien tidak mencegah kinerja zerotree pada *dominant list* selanjutnya dengan *threshold* lebih rendah. Diagram alir proses MEZW dapat dilihat pada gambar 5.

Jika *threshold* yang digunakan $T= 32$ dan Koefisien $c_{i,j} = 63$ ditemukan pada iterasi yang pertama. Oleh karena koefisien ini positif, maka *decoder* tidak mengetahui nilainya tetapi mengetahui bahwa koefisien tersebut signifikan positif ($c_{i,j} > 32$). *Decoder* juga mengetahui bahwa $c_{i,j} \leq 64 = 2 \times 32$, sehingga nilai terbaik *decoder* dapat berikan untuk koefisien tersebut ialah $(32 + 64)/2 = 48$. Koefisien kemudian di set menjadi 0 pada matriks citra, sehingga pada iterasi selanjutnya tidak dianggap signifikan kembali[1].



Gambar 5. Diagram alir proses MEZW dan Huffman

Threshold T dapat dikatakan sebagai indikator untuk memberikan posisi bit secara spesifik. Setiap iterasi, *threshold* menetapkan posisi bit signifikan lebih rendah selanjutnya. T juga dapat diartikan sebagai lebar kuantisasi yang sedang berlangsung. Setiap iterasi, lebar sebelumnya tersebut dibagi dengan 2, sehingga bit signifikan yang lebih rendah lainnya dapat diketahui. Selama *subordinate pass*, *subordinate list* melakukan scan dan keluaran *encoder* bernilai 0 atau 1 pada setiap koefisien untuk mengusulkan *decoder* bagaimana

magnitude koefisien diperbaharui. Pada contoh $c_{ij} = 63$, *encoder* mengirimkan 1, mengusulkan decoder bahwa nilai asli dari koefisien ialah lebih dari 48. Decoder menggunakan informasi ini untuk memperbaharui magnitude koefisien dari 48 menjadi $(48+64)/2 = 56$. Jika nilai 0 dikirimkan, decoder akan memperbaharui nilai koefisien menjadi $(32 + 48)/2 = 40$ ^[1].

Simbol-simbol hasil penyandian MEZW ini kemudian disandikan kembali menggunakan penyandian untuk pemampatan data *lossless Huffman*. *Huffman* menggunakan metode spesifik untuk memilih representasi untuk masing-masing simbol, dan menghasilkan kode prefiks, yang mengekspresikan simbol yang paling banyak muncul dengan *string bits* yang lebih pendek. sandi prefiks adalah himpunan yang berisi sekumpulan kode biner, dimana pada kode prefik ini tidak ada kode biner yang menjadi awal bagi kode biner yang lain. Adapun untuk masing-masing simbol MEZW disandikan sebagai berikut^{[2][4]}.

- n disandikan dengan 111110.
- p disandikan dengan 11110.
- N disandikan dengan 1110.
- P disandikan dengan 110.
- Z disandikan dengan 10.
- T disandikan dengan 0.

2.6. Hasil Pemampatan

Kemudian runtunan bit hasil pemampatan disimpan dalam bentuk berkas (.mezw). Runtunan bit ini terdiri dari dari 13 bit *header*, bit-bit representasi simbol, bit-bit untuk memperbaharui (*refinement*) nilai simbol, 7 bit penutup antar nilai threshold T dengan $T=T/2$ dan 8 bit penutup runtunan bit. Bit *header* terdiri dari ukuran citra 2 bit, tingkat dekomposisi 4 bit, tapis 3 bit, dan nilai *threshold* penyandian 4 bit.

2.7. Proses Peawasandian

Proses selanjutnya ialah proses peawasandian. Proses ini merupakan rekonstruksi citra melalui runtunan bit hasil penyandian MEZW dan *Huffman*. Proses peawasandian merupakan kumpulan dari beberapa fungsi yaitu :

1. Fungsi peawasandian MEZW
2. Fungsi peawasandian *Huffman*
3. Fungsi *inverse Discrete wavelet transform*

Tujuan dari proses peawasandian ini ialah untuk merekonstruksi hasil pemampatan kembali dalam bentuk citra *bitmap*.

3. Hasil dan Analisa

Pengujian dan analisa program simulasi pemampatan citra ini menggunakan beberapa parameter, yaitu :

1. Jenis tapis.
2. Nilai *threshold*.
3. Tingkat dekomposisi.

Jenis tapis yang digunakan ialah tapis *Haar*, *Biorthogonal 4.4* dan *Daubechies 4*. Dengan variasi nilai *threshold* 8, 16, 32, 64 dan 128. Dengan nilai tingkat dekomposisi 8 untuk citra beresolusi 256 x 256 dan 9 untuk citra beresolusi 512 x 512. Kemudian citra termampatkan akan dibandingkan dan dianalisa kembali dengan citra termampatkan lainnya yaitu JPEG dan JPEG2000.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Square Error* (MSE) sebagai berikut

$$PSNR = 10 \times \log_{10}(Q^2/MSE) \quad (1)$$

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{Lebar \times Tinggi} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (f_{ij} - f'_{ij})^2} \quad (2)$$

Q = Nilai maksimum piksel (aras-keabuan = 255)

f_{ij} = nilai piksel citra uji

f'_{ij} = nilai piksel citra termampatkan

Sedangkan untuk rasio mampat dapat dihitung berdasarkan perhitungan.

$$rasio\ mampat = \frac{ukuran\ citra\ uji}{ukuran\ citra\ termampatkan} \quad (3)$$

3.1. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Tapis Haar

Hasil Pengujian yang pertama dengan menggunakan tapis *Haar* ditunjukkan pada tabel 2 hingga tabel 5.

Tabel 2. Hasil pengujian pemampatan citra head.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,15	23,05	322,25	1224	53,54	8,09
64	0,36	26,71	138,55	2923	22,42	11,02
32	0,76	31,44	46,64	6250	10,49	15,12
16	1,41	37,53	11,47	11583	5,66	20,20
8	2,24	44,65	2,23	18380	3,57	25,64

Rm* = rasio mampat

Th* = Threshold

Ct* = Citra termampatkan

bpp= bit per pixel

Tabel 3. Hasil pengujian pemampatan citra lena.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,12	23,20	303,83	973	67,35	8,55
64	0,31	26,42	148,25	2516	26,05	11,52
32	0,7	30,31	60,59	5754	11,39	16,38
16	1,39	34,66	21,21	11356	5,77	22,07
8	2,39	39,40	6,89	19619	3,34	30,85

Tabel 4. Hasil pengujian pemampatan citra girl.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,07	25,19	151,76	2170	120,80	58,53
64	0,16	27,58	80,69	5145	50,95	99,14
32	0,36	30,67	38,86	11698	22,41	170,17
16	0,76	34,17	16,56	24838	10,55	274,74
8	1,47	38,30	6,45	48024	5,46	424,02

Tabel 5. Hasil pengujian pemampatan citra city.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,09	23,40	297,10	3088	84,89	73,61
64	0,27	29,60	139,40	8857	29,60	140,74
32	0,65	31,68	44,17	21421	12,24	237,76
16	1,18	36,66	14,04	38705	6,77	353,82
8	1,87	41,17	4,82	61420	4,27	495,46

Berdasarkan Tabel 2 hingga 5 diperoleh hasil bahwa citra uji head.bmp dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 53,54 dengan PSNR 23,05 dB. Citra lena dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 67,35 dengan PSNR 23,20 dB. Citra girl dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 120,80 dengan PSNR 25,19 dB. Citra city dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 84,89 dengan PSNR 23,40 dB.

3.2. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Tapis *Bior4.4*

Hasil Pengujian yang kedua dengan menggunakan tapis *Bior4.4* ditunjukkan pada tabel 6 hingga tabel 9.

Tabel 6. Hasil pengujian pemampatan citra head.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,11	24,92	209,42	866	75,68	7,42
64	0,22	28,00	103,06	1808	36,25	9,65
32	0,46	31,48	46,26	3777	17,35	12,37
16	0,94	35,91	16,66	7711	8,50	17,04
8	1,70	41,54	4,56	13952	4,70	22,30

Tabel 7. Hasil pengujian pemampatan citra lena.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,09	23,57	267,92	750	87,38	8,15
64	0,24	27,31	120,72	1988	32,97	10,92
32	0,54	31,08	50,29	4424	14,81	17,24
16	1,06	35,31	18,25	8680	7,55	22
8	1,84	39,85	6,31	15091	4,34	29,46

Tabel 8. Hasil pengujian pemampatan citra girl.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,05	26,46	117,39	1513	173,26	47,89
64	0,11	29,06	60,12	3448	76,03	75,96
32	0,24	32,07	29,22	7807	33,58	129,94
16	0,50	35,26	13,78	16418	15,97	213,83
8	1,01	38,60	6,26	33253	7,88	351,57

Tabel 9. Hasil pengujian pemampatan citra city.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,05	23,47	292,26	3067	85,47	70,32
64	0,26	26,75	137,43	8428	31,10	137,38
32	0,59	31,01	51,50	19472	13,46	232,29
16	1,15	36,17	15,71	37680	6,96	357,57
8	1,87	41,05	4,99	61197	4,28	500,33

Berdasarkan Tabel 6 hingga 9 diperoleh hasil bahwa citra uji head.bmp dapat termampatkan maksimal dengan rasio mampat maksimal 75,68 dengan PSNR 24,92 dB. Citra lena dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 87,38 dengan PSNR 23,57 dB. Citra girl dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 173,26 dengan PSNR 26,46 dB. Citra city dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 85,47 dengan PSNR 23,47 dB.

3.3. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Tapis *Daubechies4*

Hasil Pengujian yang kedua dengan menggunakan tapis *Bior4.4* ditunjukkan pada tabel 10 hingga tabel 13.

Tabel 10. Hasil pengujian pemampatan citra head.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,12	25,06	202,92	1001	65,47	7,66
64	0,25	28,10	100,77	2076	31,57	9,97
32	0,53	31,66	44,33	4328	15,14	13,26
16	1,04	36,20	15,61	8489	7,72	17,85
8	1,82	41,63	4,46	14873	4,41	23,51

Tabel 11. Hasil pengujian pemampatan citra lena.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,1	24,01	258,11	844	77,65	4,78
64	0,26	27,15	125,43	2148	30,51	11,81
32	0,6	30,72	51,67	4905	13,36	30,72
16	1,18	35,44	17,87	9705	6,75	22,53
8	2,02	40	6,06	16563	3,96	30,52

Tabel 12. Hasil pengujian pemampatan citra girl.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,05	26,94	112,73	1732	151,35	50,74
64	0,12	29,90	58,21	3988	65,73	85,34
32	0,27	32,25	29,37	8789	29,83	141,69
16	0,56	36,24	13,70	18381	14,26	233,18
8	1,11	38,52	6,20	36385	7,20	372,65

Tabel 13. Hasil pengujian pemampatan citra city.bmp

Th*	bpp	PSNR (dB)	MSE	Ct* (byte)	Rm*	Waktu (S)
128	0,10	23,52	289,09	3201	81,89	73,84
64	0,27	26,61	141,93	8790	29,82	141,93
32	0,65	30,90	52,84	21171	12,38	246,06
16	1,25	36,18	15,69	41093	6,38	379,07
8	2,02	41,36	4,72	66319	3,95	532,70

Berdasarkan Tabel 10 hingga 13 diperoleh hasil bahwa citra uji head.bmp dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 65,47 dengan PSNR 25,06 dB. Citra lena dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 77,65 dengan PSNR 24,01 dB. Citra girl dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 151,35 dengan PSNR 26,94 dB. Citra city dapat termampatkan dengan rasio mampat maksimal 81,89 kali lebih kecil dibandingkan ukuran citra uji dengan PSNR 23,52

Perbandingan antara nilai PSNR dan MSE dari pengujian di atas menunjukkan jika nilai *threshold* semakin kecil maka nilai PSNR akan semakin tinggi dan nilai MSE akan semakin rendah. Namun hal ini berbanding terbalik dengan rasio pemampatan yang semakin kecil jika nilai PSNR semakin tinggi. Threshold berbanding lurus dengan rasio pemampatan dan berbanding terbalik dengan PSNR

3.4. Perbandingan Pemampatan metode MEZW, JPEG dan JPEG2000

Pada bagian ini akan ditunjukkan mengenai perbandingan antara pemampatan Metode kombinasi *Modified Embedded Zerotree Wavelet (MEZW)* dengan pemampatan metode lain yaitu JPEG dan JPEG2000.

Pemampatan JPEG dan JPEG2000 diperoleh dari *Corel Photo Paint X7*. Masing-masing citra disimpan dalam lima kualitas JPEG dan JPEG2000 yang berbeda, yaitu *Highest (Q=10)*, *high (Q=8)*, *medium (Q=6)*, dan *low (Q=4)* dan *lowest (Q=2)*. Setelah diperoleh citra hasil penirmpatan kemudian dihitung nilai PSNR dan rasio pemampatannya.

Pemampatan metode MEZW menggunakan nilai rata-rata PSNR dan rasio mampat dari hasil pemampatan citra di bagian sebelumnya. Tingkat dekomposisi 8 pada citra 256 x 256 dan tingkat dekomposisi 9 pada citra 512 x 512 digunakan pemampatan metode MEZW ini. Untuk

lanjutnya Nilai *threshold* pada MEZW dapat dianggap sebagai penentu kualitas citra ternirmpatkan sama halnya dengan lima kualitas pada JPEG dan JPEG2000 berdasarkan ketentuan sebagai berikut.

1. *Lowest (Q=2) = threshold 128*
2. *Low (Q=4) = threshold 64*
3. *Medium (Q=6) = threshold 32*
4. *High (Q=8) = threshold 16*
5. *Highest (Q=10) = threshold 8*

Adapun perbandingan antara tiap metode pemampatan dilihat berdasarkan nilai PSNR dan ukuran citra termampatkan seperti pada Tabel 14 hingga 18 berikut.

Tabel 14. Perbandingan PSNR dan rasio mampat dengan *lowest quality*

Citra	MEZW		JPEG		JPEG2000	
	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR
Head	64,89	24,34	7,64	23,53	112,52	22,42
Lena	67,96	23,07	7,70	22,67	112,52	23,07
Girl	148,54	26,19	23,37	24,94	301,172	25,99
City	84,08	23,46	21,90	22,52	301,517	21,58

Tabel 15 Perbandingan PSNR dan rasio mampat dengan *low quality*

Citra	MEZW		JPEG		JPEG2000	
	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR
Head	30,38	27,60	5,98	31,65	27,07	31,12
Lena	27,06	26,39	5,81	30,68	27,02	29,76
Girl	64,25	28,84	15,33	32,72	31,39	33,89
City	30,17	27,65	11,62	30,64	31,48	29,37

Tabel 16. Perbandingan PSNR dan rasio mampat dengan *medium quality*

Citra	MEZW		JPEG		JPEG2000	
	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR
Head	14,32	31,52	4,99	35,22	12,63	36,42
Lena	12,02	30,42	4,61	33,88	12,62	34,94
Girl	28,61	31,66	10,55	35,17	13,39	37,95
City	12,69	31,19	8,05	34,24	13,38	35,57

Tabel 17. Perbandingan PSNR dan rasio mampat dengan *high quality*

Citra	MEZW		JPEG		JPEG2000	
	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR
Head	7,29	36,54	3,87	39,28	8,23	40,72
Lena	6,17	34,21	3,48	37,43	8,24	38,58
Girl	13,59	35,22	6,54	37,81	8,53	40,05
City	6,70	36,33	5,38	38,40	5,38	38,40

Tabel 18. Perbandingan PSNR dan rasio mampat dengan *highest quality*

Citra	MEZW		JPEG		JPEG2000	
	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR	Rasio Mampat	PSNR
Head	4,22	42,60	1,79	61,37	1,79	61,37
Lena	3,53	38,68	1,34	58,14	6,75	40,16
Girl	6,84	38,47	1,68	56,73	6,93	41,16
City	4,16	41,19	1,59	58,40	1,59	58,40

Pada tabel 14 hingga tabel 18 dapat dilihat hubungan nilai PSNR dan rasio mampat masing-masing citra dengan nilai kualitas (Q). Hasil menunjukkan metode MEZW memiliki nilai PSNR lebih besar (walaupun tidak jauh berbeda) pada Q (2) (*threshold 128*) untuk setiap citra uji (kecuali lena yang bernilai sama) dan bernilai paling kecil untuk Q (4) hingga Q (10).

Pada MEZW diperoleh rasio mampat yang mendekati metode JPEG2000 dan di atas metode JPEG. MEZW memiliki nilai kenaikan rasio mampat yang bertahap untuk setiap (Q). Berbeda dengan JPEG2000 yang naik tinggi untuk Q (4) menuju Q (2) melebihi Q lainnya dan JPEG yang tidak begitu memiliki perbedaan yang signifikan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pembahasan adalah sebagai berikut.

1. Telah dirancang aplikasi teknik pemampatan citra digital dengan menggunakan metode *Modified Embedded Zerotree Wavelet* (MEZW) dan *Huffman*.
2. Nilai *threshold* yang digunakan pada metode MEZW berbanding lurus dengan rasio pemampatan dan berbanding terbalik dengan nilai PSNR-nya.
3. Nilai tingkat dekomposisi berbanding lurus dengan rasio pemampatan.
4. Tapis *Bior4.4* rata-rata menghasilkan rasio pemampatan terbesar dibandingkan tapis *Haar* dan *Db4* untuk setiap *threshold* namun tapis *Db4* rata-rata menghasilkan citra hasil penirmpatan dengan nilai PSNR paling tinggi.

5. Rasio pemampatan tertinggi diperoleh pada citra uji *girl.bmp* dan menggunakan tapis *bior4.4* dengan ukuran 173,26 kali lebih kecil dibandingkan citra uji dan PSNR 26,46 dB.
6. PSNR tertinggi diperoleh pada citra uji *head.bmp* dengan nilai 44,65 dB dan ukuran 3,57 kali lebih kecil dibandingkan ukuran citra uji.
7. MEZW memiliki nilai rasio pemampatan yang lebih besar dibandingkan JPEG untuk setiap citra uji.

Referensi

- [1]. Salomon, David, *The Complete Reference Data Compression*, 4th ed, Springer, California, 2005
- [2]. Haris, Faisal M, *Kompresi Citra Digital Aras Keabuan (Grayscale) dengan metode Embedded Zerotree Wavelet (EZW)*. Tugas Akhir S-1, Elektro, Universitas Diponegoro, 2014
- [3]. R, Janaki, "Still Image Compression by combining EZW Encoding with *Huffman* Encoder", *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 13-No.7, Januari 2011
- [4]. Ouafi A, Z Baarir, A Taleb, N Doghmane "A New Approach Based on Shapiro's Embedded Zerotree Wavelet (EZW) Algorithm for Image Compression", *Asian Journal Of Information Technology*, Vol. 5, No. 8, Hal. 893-900, 2006
- [5]. Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Penerbit Informatika, Bandung, 2004
- [6]. Putra, D., *Pengolahan Citra Digital*, C.V Andi Offset, Yogyakarta, 2010
- [7]. Pramitarini, Y., *Analisa Pengiriman citra terkompresi JPEG Dengan Teknik Spread Spektrum Direct Sequence (DS-SS)*, Tugas Akhir D-IV, PENS-ITS, Surabaya, 2011
- [8]. Misiti M, Misiti Y, Oppenheim G, Poggi JM. *Wavelet Toolbox*. USA: The mathwork. Inc., 2002
- [9]. Sofari, Andi Rusmia, *Pemampatan Citra Menggunakan Embedded Zerotree Wavelet*, Tugas Akhir S-1, Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor, 2011
- [10]. Nizar Mohammed, Adnan Mohsin, "A New Modified Embedded Zerotree Wavelet Approach for Image Coding (NMEZW)", *International Journal Of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 9, September-2013
- [11]. Sedyono, Eko, "Klasifikasi Sidik Jari Dengan Menggunakan Metode Wavelet Symlet" *Jurnal Informatika*, Volume 5, Nomor 2, --, November 2009