

KOMPRESI CITRA DIGITAL ARAS-KEABUAN MENGGUNAKAN METODE HADAMARD

Yudhi Prabowo^{*)}, Achmad Hidayatno and Ajub Ajulian Zahra

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

^{*)}E-mail: bungyudhi@yahoo.com.id

Abstrak

Salah satu masalah yang terus berkembang sejalan dengan berkembangnya dunia komputer adalah terkait dengan penanganan data yang berukuran besar. Masalah ini muncul karena hardware yang digunakan terkait dengan penanganan data kurang mampu mengikuti perkembangan ukuran data yang demikian besar. Untuk mengatasi terbatasnya media penyimpanan data maka perlu dirancang suatu sistem kompresi. Sistem kompresi citra digital dengan menggunakan teknik transformasi hadamard dirancang untuk mengkompresi citra asli bitmap aras-keabuan menjadi citra yang terkompresi dengan ukuran data citra sekecil mungkin. Proses kompresi citra dimulai dengan membagi ukuran blok citra agar diperoleh matriks citra yang selanjutnya digunakan untuk menghitung koefisien-koefisien yang akan dipertahankan dari citra aslinya. Proses selanjutnya adalah proses kompresi Hadamard untuk mengkompresi matriks citra menjadi citra yang terkompresi. Pengujian aplikasi kompresi ini menggunakan 3 citra aras-keabuan berformat berkas .bmp, yang memiliki resolusi 256×256 piksel, 512×512 piksel dan 1024×1024 piksel dengan variasi ukuran blok citra. Berdasarkan hasil pengujian terhadap citra uji diperoleh tingkat kompresi citra maksimal sebesar 99,9 % dan minimal 0,09 % dengan menggunakan ukuran blok citra 32 dibanding dengan menggunakan ukuran blok citra 2. Untuk tingkat kompresi citra dengan menggunakan ukuran blok citra 2, diperoleh citra terkompresi maksimal 75 % dan minimal 25 %.

Kata kunci: : citra bitmap, kompresi citra, ukuran blok citra, transformasi Hadamard

Abstract

One problem that continues to grow in line with the expanding world of computers is associated with handling large data. This problem arises because the hardware used in connection with the handling of the data are less able to keep track of such a large data size. To overcome the limited data storage medium designed a system it is necessary compression. Digital image compression systems using Hadamard transformation technique is designed to compress the original bitmap grayscale image into a compressed image with image data size as small as possible. The process begins by dividing the image compression ukuran blok of the image to obtain the image matrix was then used to calculate coefficients to be retained from the original image. The next process is the Hadamard compression to compress the image matrix into a compressed image. This compression testing applications using a 3 grayscale image with berkas format .Bmp, which has a resolution of 256×256 pixels, 512×512 pixels and 1024×1024 pixel with image ukuran blok variation. Based on the test results of the test images obtained by the image compression rate of 99.9 % and a maximum of at least 0.09 % by using a ukuran blok of 32 compared with images using image ukuran blok 2. To rate image compression using image ukuran blok 2, the compressed image obtained by a maximum of 75 % and a minimum of 25 %.

Keywords: bitmap image, image compression, image ukuran blok, Hadamard transformation

1. Pendahuluan

Salah satu masalah yang terus berkembang sejalan dengan berkembangnya dunia komputer adalah terkait dengan penanganan data yang berukuran besar. Masalah ini muncul karena perangkat keras yang digunakan terkait dengan penanganan data kurang mampu mengikuti perkembangan ukuran data yang demikian besar. Salah

satu kajian yang terkait dengan penanganan data adalah kompresi data. Kompresi data adalah proses mengubah suatu input data menjadi data lain dengan format berbeda dan ukuran yang lebih kecil, atau proses pengkodean dari suatu data untuk mengurangi kebutuhan akan media penyimpanan. Salah satu jenis berkas yang paling banyak membutuhkan proses kompresi adalah berkas citra. Citra asli umumnya disimpan dalam format Bitmap. Format ini

menghasilkan ukuran berkas yang besar dan tidak efektif untuk disimpan atau ditransfer. Teknik dan algoritma kompresi dapat digunakan untuk menghasilkan berkas baru dari citra yang asli dengan ukuran yang lebih kecil dari berkas aslinya tanpa mengurangi kualitas dari citranya. Berdasarkan permasalahan di atas, pada Tugas Akhir ini dirancang suatu aplikasi teknik kompresi citra digital aras-keabuan dengan menggunakan metode Hadamard. Kompresi citra digital ini dilakukan untuk meminimalkan jumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan suatu data citra.

2. Metode

2.1 Kompresi Data Citra (Image Data Compression)

Proses kompresi merupakan proses mereduksi ukuran suatu data untuk menghasilkan representasi digital yang padat atau mampat (*compact*) namun tetap dapat mewakili kuantitas informasi yang terkandung pada data tersebut. Pada citra, video dan audio, kompresi mengarah pada minimalisasi jumlah *bit rate* untuk representasi digital. Pada beberapa literatur, istilah kompresi sering disebut juga *source coding*, *data compression*, *bandwidth compression*, dan *signal compression*.

2.1.1 Klasifikasi Metode Kompresi

Metode kompresi citra dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok besar :

1. Metode *lossless*

Metode *lossless* selalu menghasilkan citra hasil pemampatan yang tepat sama dengan citra semula, piksel per piksel. Tidak ada informasi yang hilang akibat pemampatan. Sayangnya nisbah (*ratio*) pemampatan citra metode *lossless* sangat rendah. Pada kompresi *lossless*, karena harus mempertahankan kesempurnaan informasi, maka hanya terdapat proses *coding* dan *decoding*. Kompresi *lossless* tidak terdapat proses kuantisasi. Nisbah kompresi citra dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1.

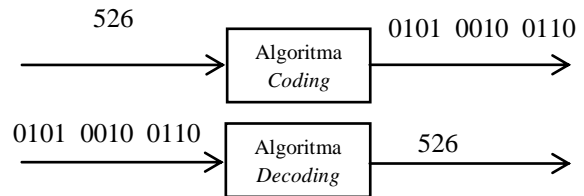
$$\text{Nisbah} = 100\% - \left(\frac{\text{ukuran citra hasil kompresi}}{\text{ukuran citra semula}} \times 100\% \right) \quad (1)$$

Metode *lossless* cocok untuk memampatkan citra yang mengandung informasi penting yang tidak boleh rusak akibat pemampatan. Misalnya memampatkan gambar hasil diagnosa medis.

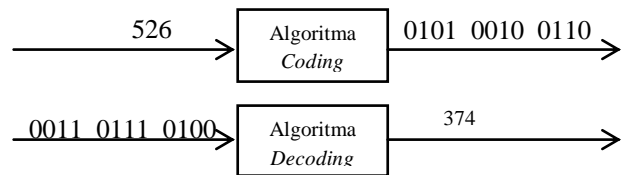
2. Metode *lossy*

Metode *lossy* menghasilkan citra hasil pemampatan yang hampir sama dengan citra semula. Ada informasi yang hilang akibat pemampatan, tetapi dapat ditolerir oleh persepsi mata. Mata tidak dapat membedakan perubahan kecil pada gambar. Metode pemampatan *lossy* menghasilkan nisbah pemampatan yang tinggi daripada

metode *lossless*. Kompresi data *lossy* ini efektif jika diterapkan pada penyimpanan data analog yang didigitalisasi seperti gambar, video, dan suara. Ilustrasi kompresi *lossless* dan *lossy* ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Ilustrasi Kompresi *Lossless*



Gambar 2. Ilustrasi Kompresi *Lossy*

2.2 Transformasi Hadamard

Transformasi Hadamard merupakan suatu metode transformasi dengan menggunakan matriks bujur-sangkar yang berisikan hanya 1 dan -1 yang memiliki dua atau lebih kolom atau baris yang terletak berhadapan yang setengah bagiannya memiliki tanda yang sama dan setengah bagian lainnya memiliki tanda yang berlawanan. Suatu matriks Hadamard berukuran $n \times n$ (H_n) harus mempunyai kotak putih sebanyak $n(n-1)/2$ nilai -1 dan kotak hitam sebanyak $n(n+1)/2$ nilai 1.

2.2.1 Transformasi Hadamard 1 Dimensi

Transformasi Hadamard 1 dimensi dari citra $f(x)$ dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$W(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \prod_{i=0}^{n-1} (-1)^{b_i(x)b_{n-1-i}(u)} \quad (2)$$

dengan $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$, dan $x = 0, 1, 2, \dots, N-1$, sedangkan nilai n mengikuti aturan :

$$N = 2^n \quad (3)$$

sebagai contoh, bila $N = 8$ maka $n = 3$.

$b_i(x)$ menyatakan bit ke- i dari representasi biner x . Sebagai contoh, bila $x = 4$ dengan representasi biner 100, maka :

$$b_0(x) = 0, \quad b_1(x) = 0, \quad b_2(x) = 1$$

Demikian juga berlaku untuk $b_i(u)$ di mana nilai bit-bitnya tergantung pada nilai u . Sedangkan transformasi Hadamard baliknya adalah :

$$f(x) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} H(u) (-1)^{\sum_{i=0}^{x-1} b_i(x) b_i(u)} \quad (4)$$

Fungsi basis dari transformasi Hadamard 1 dimensi adalah :

$$g(x, u) = \frac{1}{N} (-1)^{\sum_{i=0}^{x-1} b_i(x) b_i(u)} \quad (5)$$

2.2.2 Transformasi Hadamard 2 Dimensi

Transformasi Hadamard 2 dimensi dari citra f(x,y) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$H(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) (-1)^{\sum_{i=0}^{x-1} [b_i(x) b_i(u) + b_i(y) b_i(v)]} \quad (6)$$

Sedangkan transformasi Hadamard 2 dimensi baliknya adalah :

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} H(u, v) (-1)^{\sum_{i=0}^{x-1} [b_i(x) b_i(u) + b_i(y) b_i(v)]} \quad (7)$$

Fungsi basis dari transformasi Hadamard 2D adalah :

$$g(x, y, u, v) = \frac{1}{N} (-1)^{\sum_{i=0}^{x-1} [b_i(x) b_i(u) + b_i(y) b_i(v)]} \quad (8)$$

dengan nilai u dan x = 0,1,2,..., N-1 serta v dan y = 0,1,2,..., N-1

2.2.3 Matrik Transformasi Hadamard

Fungsi basis transformasi Hadamard dapat dibentuk dengan menggunakan matrik transformasi Hadamard H_N pada persamaan 9. Matrik (kernel) Hadamard untuk N = 1, 2, 4, dan 8 adalah :

$$H_1 = [1]$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} H_1 & H_1 \\ H_1 & -H_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & -H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_8 = \begin{bmatrix} H_4 & H_4 \\ H_4 & -H_4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Matrik (kernel) Hadamard dapat dihasilkan secara rekursif dengan cara berikut :

$$H_N = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} H_{\frac{N}{2}} & H_{\frac{N}{2}} \\ H_{\frac{N}{2}} & -H_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$\frac{1}{\sqrt{2}}$ pada persamaan (9) digunakan untuk menghasilkan matrik Hadamard yang bersifat orthonormal. Sebagai contoh, diberikan suatu citra 1D f(x) = [9 7 3 5]. Dengan menggunakan matrik Hadamard H₄ di atas maka hasil transformasinya adalah sebagai berikut :

$$H(u) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 9 \\ 7 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 \\ 0 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix}$$

2.3 Penilaian Kualitas Citra

Penilaian kualitas citra diukur berdasarkan perubahan nilai tiap piksel pada citra terkompresi dan citra asal dengan menggunakan persamaan matematis tertentu. Dalam kompresi citra terdapat suatu standar pengukuran error kompresi, yaitu :

a. PSNR (*Peak Signal Noise to Ratio*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas (validasi) citra hasil kompresi. Nilai PSNR dihitung dengan rumus 10

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \left(\frac{b}{MSE} \right) \quad (10)$$

Nilai b adalah nilai sinyal terbesar (pada citra hitam-putih, b = 255) dan *Mean Square Error* (MSE) adalah akar pangkat dua dari selisih antara citra semula dengan citra hasil kompresi. Nilai MSE dihitung menggunakan rumus 11.

b. *Mean Square Error* (MSE) yaitu akar pangkat dua dari selisih antara citra semula dengan citra hasil kompresi. Nilai MSE dihitung dengan rumus 11

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (f_{ij} - f'_{ij})^2} \quad (11)$$

Nilai f dan f' masing-masing menyatakan nilai piksel citra semula dan nilai piksel citra hasil kompresi. PSNR memiliki satuan desibel (dB). Dari persamaan (10) terlihat bahwa PSNR berbanding terbalik dengan MSE. Nilai MSE yang rendah yang menyiratkan bahwa citra hasil kompresi tidak jauh berbeda dengan citra semula akan menghasilkan PSNR yang tinggi, yang berarti kualitas kompresinya bagus. Semakin besar nilai PSNR, semakin bagus kualitas kompresinya. Seberapa besar nilai PSNR yang bagus tidak dapat dinyatakan secara eksplisit, bergantung pada citra yang dikompresi. Namun dapat melakukan pengujian dengan mencoba berbagai kombinasi parameter kompresi yang digunakan. Jika nilai

PSNR semakin membesar, itu berarti parameter kompresi yang digunakan sudah menuju nilai yang baik. Parameter kompresi citra bergantung pada metode kompresi yang digunakan.

3. Hasil dan Analisa

Pada proses pengujian aplikasi ini, dilakukan 5 macam pengujian yang berbeda. Pengujian ini meliputi pengujian terhadap 3 jenis citra uji yang memiliki resolusi dan size yang berbeda dengan menggunakan 5 variasi ukuran blok. Pengujian ini bertujuan untuk meminimalkan ukuran data citra dan mengetahui tingkat kompresi citra yang menggunakan metode Hadamard terhadap citra uji. Tingkat kualitas kompresi citra dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 pada bab sebelumnya. Variasi pengujian citra uji menggunakan 5 variasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Kompresi Citra Aras-Keabuan

No.	Nama berkas	Resolusi (pixel)	Ukuran blok				
			2	4	8	16	32
1.	boat.bmp	256 × 256	2	4	8	16	32
2.	baboon.bmp	512 × 512	2	4	8	16	32
3.	man.bmp	1024 × 1024	2	4	8	16	32

Proses pengujian ini dengan melakukan lima skenario pengujian yang berbeda untuk mengetahui tingkat kualitas kompresi citra :

1. Pengujian terhadap citra uji dengan ukuran blok 2
2. Pengujian terhadap citra uji dengan ukuran blok 4
3. Pengujian terhadap citra uji dengan ukuran blok 8
4. Pengujian terhadap citra uji dengan ukuran blok 16
5. Pengujian terhadap citra uji dengan ukuran blok 32

1. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Ukuran Blok 2

Pengujian yang pertama adalah pengujian terhadap 3 citra uji yaitu boat.bmp, baboon.bmp dan man.bmp dengan menggunakan ukuran blok 2 dan jumlah koefisien yang dipertahankan yang bervariasi. Pada pengujian dengan citra uji boat.bmp, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Citra Uji Boat.Bmp Dengan Ukuran Blok 2

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
2	1	26,56	143,43	131072	524288	75
2	2	29,99	65,15	262144	524288	50
2	3	37,53	11,46	393216	524288	25
2	4	∞	0	524288	524288	0

Dari Tabel 2 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 25 % dengan ukuran data citra terkompres 393216 byte dan terkompres maksimal 75 % dengan ukuran data citra terkompres 131072 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji baboon.bmp hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian citra uji baboon.bmp dengan ukuran blok 2

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
2	1	23,34	300,78	524288	2097152	75
2	2	24,61	224,52	1048576	2097152	50
2	3	31,77	43,2	1572864	2097152	25
2	4	∞	0	2097152	2097152	0

Dari Tabel 3 diperoleh hasil bahwa citra uji baboon.bmp dapat terkompres minimal 25 % dengan ukuran data citra terkompres 1572864 byte dan terkompres maksimal 75 % dengan ukuran data citra terkompres 524288 byte. Sedangkan untuk pengujian yang terakhir adalah pengujian terhadap citra uji man.bmp hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Citra Uji Man.Bmp Dengan Ukuran Blok 2

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
2	1	30,11	63,25	2097152	8388608	75
2	2	32,97	32,8	4194304	8388608	50
2	3	39,64	7,06	6291456	8388608	25
2	4	∞	0	8388608	8388608	0

Dari Tabel 4 diperoleh hasil bahwa citra uji man.bmp dapat terkompres minimal 25 % dengan ukuran data citra terkompres 6291456 byte dan terkompres maksimal 75 % dengan ukuran data citra terkompres 2097152 byte.

2. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Ukuran Blok 4

Pengujian yang kedua adalah pengujian terhadap 3 citra uji yaitu boat.bmp, baboon.bmp dan man.bmp dengan menggunakan ukuran blok 4 dan jumlah koefisien yang dipertahankan yang bervariasi. Pada pengujian dengan citra uji boat.bmp, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil Pengujian Citra Uji Boat.Bmp Dengan Ukuran Blok 4

ukuran blok	koefisien yang	PSNR	MSE	citra terkompres	citra uji	nisbah
-------------	----------------	------	-----	------------------	-----------	--------

blok	dipertahankan	(dB)		esi (byte)	(byte)	(%)
4	1	22,83	338,51	32768	524288	93,75
4	2	23,08	319,69	65536	524288	87,5
4	4	24,86	212,02	131072	524288	75
4	6	27,13	125,68	196608	524288	62,5
4	8	28,81	85,33	229400	524288	50
4	10	31,05	50,95	327680	524288	37,5
4	12	33,71	27,65	393216	524288	25
4	15	41,16	4,97	491520	524288	6,25
4	16	∞	0	524288	524288	0

Dari Tabel 5 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 6,25 % dengan ukuran data citra terkompres 491520 byte dan terkompres maksimal 93,75 % dengan ukuran data citra terkompres 32768 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji baboon.bmp hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Citra Uji Baboon.Bmp Dengan Ukuran Blok 4

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
4	1	20,84	535,38	131072	2097152	93,75
4	2	20,98	518	262144	2097152	87,5
4	4	22,71	347,92	524288	2097152	75
4	6	23,78	272,25	786432	2097152	62,5
4	8	24,59	225,57	1048576	2097152	50
4	10	26,82	135,05	1310720	2097152	37,5
4	12	29,11	79,77	1572864	2097152	25
4	15	36,01	16,26	1966080	2097152	6,25
4	16	∞	0	2097152	2097152	0

Dari Tabel 6 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 6,25 % dengan ukuran data citra terkompres 1966080 byte dan terkompres maksimal 93,75 % dengan ukuran data citra terkompres 131072 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji man.bmp hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian citra uji man.bmp dengan ukuran Blok 4

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
4	1	25,9	167,07	524288	8388608	93,75
4	2	26,2	155,89	1048576	8388608	87,5
4	4	27,8	107,67	2097152	8388608	75
4	6	30,98	51,84	3245728	8388608	62,5
4	8	32,43	37,12	4194304	8388608	50
4	10	34,09	25,34	5242880	8388608	37,5
4	12	37,05	12,82	6291456	8388608	25
4	15	44,16	2,49	7864320	8388608	6,25
4	16	∞	0	8388608	8388608	0

Dari tabel 7 diperoleh hasil bahwa citra uji man.bmp dapat terkompres minimal 6,25 % dengan ukuran data citra terkompres 7864320 byte dan terkompres maksimal 93,75 % dengan ukuran data citra terkompres 524288 byte.

3. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Ukuran blok 8

Pengujian yang ketiga adalah pengujian terhadap 3 citra uji yaitu boat.bmp, baboon.bmp dan man.bmp dengan menggunakan ukuran blok 8 dan jumlah koefisien yang dipertahankan yang bervariasi. Pada pengujian dengan citra uji boat.bmp, hasilnya ditunjukkan pada tabel 8

Tabel 8. Hasil Pengujian Citra Uji Boat.Bmp Dengan Ukuran blok 8

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
8	1	20,61	563,75	8192	524288	98,43
8	4	20,98	518,18	32768	524288	93,75
8	8	21,38	472,78	65536	524288	87,5
8	12	22,85	337,24	98304	524288	81,25
8	16	24,21	246,55	131072	524288	75
8	20	24,34	239,34	163840	524288	68,75
8	24	25,46	184,67	196608	524288	62,5
8	28	26,59	142,34	229376	524288	56,25
8	32	27,19	124,06	262144	524288	50
8	36	27,92	104,79	294912	524288	43,75
8	40	29,41	74,43	327680	524288	37,5

8	44	29,8 5	67,25	360448	52428 8	31,2 5
8	48	30,7 7	54,37	393216	52428 8	25
8	52	32,1 4	39,7	425984	52428 8	18,7 5
8	56	35,0 4	20,36	458752	52428 8	12,5
8	63	48,1 7	0,98	516096	52428 8	1,56
8	64	∞	0	524288	52428 8	0

Dari Tabel 8 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 1,56 % dengan ukuran data citra terkompres 516096 byte dan terkompres maksimal 98,43 % dengan ukuran data citra terkompres 8192 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji baboon.bmp hasilnya ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Citra Uji Baboon.Bmp Dengan Ukuran Blok 8

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSN R (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
8	1	19,6 9	696,9 7	32768	20971 52	98,4 3
8	4	20,0 4	643,2 7	131072	20971 52	93,7 5
8	8	20,2 4	614,2 4	262144	20971 52	87,5
8	12	20,9 9	517,1 5	393216	20971 52	81,2 5
8	16	21,7 1	438,2 3	524288	20971 52	75
8	20	21,9 3	416,5 9	655360	20971 52	68,7 5
8	24	22,7 8	342,2 8	786432	20971 52	62,5
8	28	23,4 4	294,4 6	917504	20971 52	56,2 5
8	32	23,9 2	263,1 8	1048576	20971 52	50
8	36	24,5 8	226,1 5	1179648	20971 52	43,7 5
8	40	25,5 9	179,3 1	1310720	20971 52	37,5
8	44	26,1 6	157,3 6	1441792	20971 52	31,2 5
8	48	27,1 2	126,0 5	1572864	20971 52	25
8	52	28,5 7	90,31	1703936	20971 52	18,7 5
8	56	30,6 6	55,76	1835008	20971 52	12,5
8	63	42,4 2	3,72	2064384	20971 52	1,56
8	64	∞	0	2097152	20971 52	0

Dari tabel 9 diperoleh hasil bahwa citra uji baboon.bmp dapat terkompres minimal 1,56 % dengan ukuran data citra terkompres 2064384 byte dan terkompres maksimal 98,43 % dengan ukuran data citra terkompres 32768 byte.

Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji man.bmp hasilnya ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Citra Uji Man.Bmp Dengan Ukuran blok 8

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSN R (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
8	1	23,0 2	323,9 2	131072	83886 08	98,4 3
8	4	23,3	303,6 7	524288	83886 08	93,7 5
8	8	23,6 4	281,1 8	1048576	83886 08	87,5
8	12	24,7	220,2 9	1572864	83886 08	81,2 5
8	16	26,9 7	130,6 4	2097152	83886 08	75
8	20	27,1	126,5 7	2621440	83886 08	68,7 5
8	24	27,9 5	104,2	3145728	83886 08	62,5
8	28	29,2 8	76,73	3670016	83886 08	56,2 5
8	32	29,7 1	69,49	4194304	83886 08	50
8	36	30,1 2	63,22	4718592	83886 08	43,7 3
8	40	31,8 7	42,26	5242880	83886 08	37,5
8	44	32,3 2	38,06	5767168	83886 08	31,2 5
8	48	33,0 9	31,87	6291456	83886 08	25
8	52	38,7 5	23,2	6815744	83886 08	23,2
8	56	37,6 3	11,2	7340032	83886 08	12,5
8	63	50,1 8	0,62	8257536	83886 08	1,56
8	64	∞	0	8388608	83886 08	0

Dari tabel 10 diperoleh hasil bahwa citra uji man.bmp dapat terkompres minimal 1,56 % dengan ukuran data citra terkompres 8257536 byte dan terkompres maksimal 98,43 % dengan ukuran data citra terkompres 131072 byte.

4. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Ukuran blok 16

Pengujian yang keempat adalah pengujian terhadap 3 citra uji yaitu boat.bmp, baboon.bmp dan man.bmp dengan menggunakan ukuran blok 16 dan jumlah koefisien yang dipertahankan yang bervariasi. Pada pengujian dengan citra uji boat.bmp, hasilnya ditunjukkan pada tabel 11

Tabel 11. Hasil Pengujian Citra Uji Boat.Bmp Dengan Ukuran blok 16

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
16	1	18,91	834,28	2048	524288	99,6
16	16	19,5	728,84	32768	524288	93,75
16	32	19,72	693,3	65536	524288	87,5
16	48	21,79	430,54	98304	524288	81,25
16	64	22,18	393,41	131072	524288	75
16	80	23,27	305,98	163840	524288	68,75
16	96	24,075	253,93	196608	524288	62,5
16	112	24,72	219,31	229376	524288	56,25
16	128	25,35	189,4	262144	524288	50
16	144	26,46	146,74	294912	524288	43,75
16	160	26,93	131,63	327680	524288	37,5
16	176	27,77	108,55	360448	524288	31,25
16	192	25	92,66	393216	524288	25
16	208	30,63	56,13	425984	524288	18,75
16	224	33,01	32,45	458752	524288	12,5
16	255	53,18	0,31	522240	524288	0,39
16	256	∞	0	524288	524288	0

Dari tabel 11 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 0,39 % dengan ukuran data citra terkompres 522240 byte dan terkompres maksimal 99,6 % dengan ukuran data citra terkompres 2048 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji baboon.bmp hasilnya ditunjukkan pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Citra Uji Baboon.Bmp Dengan Ukuran blok 16

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MS E	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
16	1	18,91	834,47	8192	2097152	99,6
16	16	19,32	760,03	131072	2097152	93,75
16	32	19,58	715,01	262144	2097152	87,5
16	48	20,56	570,4	393216	2097152	81,25
16	64	20,9	521,	524288	20971	75

16	80	21,45	465,66	655360	2097152	68,75
16	96	22,04	405,92	786432	2097152	62,5

lanjutan Tabel 13 Hasil pengujian citra uji baboon.bmp dengan ukuran blok 16

16	112	22,56	360,04	917504	2097152	56,25
16	128	23,11	317,64	1048576	2097152	50
16	144	23,94	262,43	1179648	2097152	43,75
16	160	24,5	230,48	1310720	2097152	37,5
16	176	25,36	188,89	1441792	2097152	31,25
16	192	26,18	156,45	1572864	2097152	25
16	208	27,79	108,11	1703936	2097152	18,75
16	224	29,83	67,54	1835008	2097152	12,5
16	255	47,88	1,05	2088960	2097152	0,39
16	256	∞	0	2097152	2097152	0

Dari tabel 12 diperoleh hasil bahwa citra uji baboon.bmp dapat terkompres minimal 0,39 % dengan ukuran data citra terkompres 2088960 byte dan terkompres maksimal 99,6 % dengan ukuran data citra terkompres 8192 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji man.bmp hasilnya ditunjukkan pada tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian Citra Uji Man.Bmp Dengan Ukuran blok 16

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSNR (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
16	1	20,68	555	32768	8388608	99,6
16	16	21,23	489,21	524288	8388608	93,75
16	32	21,33	472,31	1048576	8388608	87,5
16	48	24,06	254,92	1572864	8388608	81,25
16	64	24,33	239,61	2097152	8388608	75
16	80	24,95	207,59	2621440	8388608	68,75
16	96	26,17	156,96	3112984	8388608	62,89
16	112	26,61	141,88	3670016	8388608	56,25
16	128	27,13	125,83	4194304	8388608	50
16	144	28,54	90,85	4718592	8388608	43,75
16	160	28,99	81,87	5242880	8388608	37,5

16	176	29,8 2	67,69	5767168	83886 08	31,2 5
16	192	30,3 4	60,03	6291456	83886 08	25
16	208	32,9 4	33,02	6815744	83886 08	18,7 5
16	224	35,1 8	19,68	7340032	83886 08	12,5
16	255	56,1 9	0,15	8355840	83886 08	0,39
16	256	∞	0	8388608	83886 08	0

Dari tabel 13 diperoleh hasil bahwa citra uji man.bmp dapat terkompres minimal 0,39 % dengan ukuran data citra terkompres 8355840 byte dan terkompres maksimal 99,6 % dengan ukuran data citra terkompres 32768 byte.

5. Pengujian Terhadap Citra Uji dengan Ukuran blok 32

Pengujian yang terakhir adalah pengujian terhadap 3 citra uji yaitu boat.bmp, baboon.bmp dan man.bmp dengan menggunakan ukuran blok 32 dan jumlah koefisien yang dipertahankan yang bervariasi. Pada pengujian dengan citra uji boat.bmp, hasilnya ditunjukkan pada tabel 14.

Tabel 14. Hasil Pengujian Citra Uji Boat.Bmp Dengan Ukuran blok 32

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSN R (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
32	1	17,7 5	1091, 13	512	5242 88	99,9
32	64	18,1 8	986,9 8	32768	5242 88	93,7 5
32	128	18,4 5	928,5 3	65536	5242 88	87,5
32	192	19,7 4	689,3	98304	5242 88	81,2 5
32	256	20,1 4	629,5 2	131072	5242 88	75
32	320	21,2 6	486,0 65	163840	5242 88	68,7 5
32	384	21,9 4	415,5 7	196608	5242 88	62,5
32	448	22,6 4	353,9 3	229376	5242 88	56,2 5
32	512	23,0 8	319,3 2	262144	5242 88	50
32	576	24,2 9	241,8	294912	5242 88	43,7 5
32	640	24,7 7	216,6 7	327680	5242 88	37,5
32	704	25,6 4	177,1 1	360448	5242 88	31,2 5
32	768	27,6	112,9 5	393216	5242 88	25
32	832	28,5 3	91,21	425984	5242 88	18,7 5
32	896	30,9 4	52,32	458752	5242 88	12,5
32	1023	59,2	0,07	523776	5242 88	0,09

32	1024	∞	0	524288	5242 88	0
----	------	---	---	--------	------------	---

Dari tabel 14 diperoleh hasil bahwa citra uji boat.bmp dapat terkompres minimal 0,09 % dengan ukuran data citra terkompres 523776 byte dan terkompres maksimal 99,9 % dengan ukuran data citra terkompres 512 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji baboon.bmp hasilnya ditunjukkan pada tabel 15.

Tabel 15. Hasil Pengujian Citra Uji Baboon.Bmp Dengan Ukuran blok 32

ukuran blok	koefisien yang dipertahankan	PSN R (dB)	MSE	citra terkompresi (byte)	citra uji (byte)	nisbah (%)
32	1	18,1 6	992,5 5	2048	20971 52	99,9
32	64	18,6 1	895,3 2	131072	20971 52	93,7 5
32	128	18,8 8	840,6 2	262144	20971 52	87,5
32	192	19,9 5	656,4 8	393216	20971 52	81,2 5
32	256	20,3 4	601,1 4	524288	20971 52	75
32	320	20,8 9	529,6 3	655360	20971 52	68,7 5
32	384	21,4 4	466,6 6	786432	20971 52	62,5
32	448	21,9 7	412,9 3	917504	20971 52	56,2 5
32	512	22,4 7	368,1 8	1048576	20971 52	50
32	576	23,2 1	310,2 7	1179648	20971 52	43,7 5
32	640	23,7 8	272,3 1	1310720	20971 52	37,5
32	704	24,6 2	224,2	1441792	20971 52	31,2 5
32	768	25,9 6	164,8 2	1572864	20971 52	25
32	832	27,0 2	128,9 2	1703936	20971 52	18,7 5
32	896	28,9 5	82,63	1835008	20971 52	12,5
32	1023	53,4 6	0,29	2095104	20971 52	0,09
32	1024	∞	0	2097152	20971 52	0

Dari tabel 15 diperoleh hasil bahwa citra uji baboon.bmp dapat terkompres minimal 0,09 % dengan ukuran data citra terkompres 523776 byte dan terkompres maksimal 99,9 % dengan ukuran data citra terkompres 512 byte. Sedangkan untuk pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap citra uji man.bmp hasilnya ditunjukkan pada tabel 16.

Tabel 16. Hasil Pengujian Citra Uji Man.Bmp Dengan Ukuran blok 32

ukuran blok	koefisien yang	PSN R	MSE	citra terkomp	citra uji	nisbah
-------------	----------------	-------	-----	---------------	-----------	--------

blok	dipertahankan	(dB)		esi (byte)	(byte)	(%)
32	1	18,7 1	874,0 2	8192	83886 08	99,9
32	64	19,2 4	773,2 8	524288	83886 08	93,7 5
32	128	19,4 3	740,2 4	1048576	83886 08	87,5
32	192	21,7 5	433,6 5	1572864	83886 08	81,2 5
32	256	22,1 3	397,2 8	2097152	83886 08	75
32	320	22,9 7	327,5 3	2621440	83886 08	68,7 5
32	384	23,9 1	264,2 2	3145728	83886 08	62,5
32	448	24,5 7	226,5 1	3670016	83886 08	56,2 5
32	512	24,8 7	211,5 4	4194304	83886 08	50
32	576	26,2 9	152,6	4718592	83886 08	43,7 5
32	640	26,6 5	140,3 1	5242880	83886 08	37,5
32	704	27,5 4	114,5 6	5767168	83886 08	31,2 5
32	768	29,7 4	68,91	6291456	83886 08	25
32	832	30,4 9	57,95	6815744	83886 08	18,7 5
32	896	32,7 8	34,21	7340032	83886 08	12,5
32	1023	65,5 4	0,02	8380416	83886 08	0,09
32	1024	∞	0	8388608	83886 08	0

Dari tabel 16 diperoleh hasil bahwa citra uji man.bmp dapat terkompres minimal 0,09 % dengan ukuran data citra terkompres 8380416 byte dan terkompres maksimal 99,9 % dengan ukuran data citra terkompres 8192 byte.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan pembahasan adalah berdasarkan pengujian terhadap 3 citra uji dengan variasi ukuran blok 2 diperoleh hasil kompresi maksimal sebesar 75 % dan kompresi minimal sebesar 25 %. Berdasarkan pengujian terhadap 3 citra uji dengan variasi ukuran blok 4 diperoleh hasil kompresi maksimal sebesar 93,75 % dan kompresi minimal sebesar 6,25 %. Berdasarkan pengujian terhadap 3 citra uji dengan variasi ukuran blok 8 diperoleh hasil kompresi maksimal sebesar 98,43 % dan kompresi minimal sebesar 1,56 %. Berdasarkan pengujian terhadap 3 citra uji dengan variasi ukuran blok 16 diperoleh hasil kompresi maksimal sebesar 99,6 % dan kompresi minimal sebesar 0,39 %. Berdasarkan pengujian terhadap 3 citra uji dengan variasi ukuran blok 32 diperoleh hasil kompresi maksimal sebesar 99,9 % dan kompresi minimal sebesar 0,09 %. Semakin besar ukuran ukuran blok citra maka semakin baik tingkat kompresi citra. Hasil citra yang terkompresi akan memiliki kualitas citra yang bagus seperti citra aslinya jika jumlah koefisien yang dipertahankan semakin besar. Ukuran data

citra hasil kompresi akan semakin kecil jika jumlah koefisien yang dipertahankan semakin sedikit. Apabila jumlah koefisien yang dipertahankan semakin besar maka nilai PSNR akan semakin tinggi dan nilai MSE akan semakin rendah. Saran dalam pengembangan Tugas Akhir ini adalah agar menambahkan proses kuantisasi dan encoding agar tingkat kompresi citra dan tingkat kualitas citra yang terkompresi lebih baik. Agar menggunakan metode kompresi yang lain seperti *Huffman Coding*, *Run-Length Encoding*, metode kompresi kuantisasi dan *Fractal Image Compression* sehingga dapat diketahui tingkat kompresi yang lebih baik.

Referensi

Journal:

- [1]. Munir, R., "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik", Penerbit Informatika, Bandung, 2004.
- [2]. Putra, D., "Pengolahan Citra Digital", C.V Andi Offset, Yogyakarta, 2010.
- [3]. Pramitarini, Y., Analisa Pengiriman Citra Terkompresi JPEG Dengan Teknik Spread Spektrum Direct Sequence (DS-SS), Tugas Akhir D-IV, PENS-ITS, Surabaya, 2011.
- [4]. Achmad, B., dan Fardausy, K., "Teknik Pengolahan Citra Digital", Ardi Publishing, Yogyakarta, 2005.
- [5]. Sugiharto, H., "Pemrograman GUI dengan Matlab", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [6]. ---, Format berkas citra, <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/16430/4/Chapter%20II.pdf>, September 2012.
- [7]. ---, Format berkas citra, <http://slametriyanto.net/wp-content/uploads/2007/05/Bab9%20-%20Format%20Berkas.pdf>, September 2012.
- [8]. ---, Citra bitmap, <http://id.wikipedia.org/wiki/Bitmap>, September 2012.
- [9]. ---, Transformasi Hadamard, http://en.wikipedia.org/wiki/Hadamard_transform, September 2012.
- [10]. ---, Hadamard, <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/hadamard.html>, September 2012.
- [11]. Veeraswamy K, Srinivaskumar S. Designing Quantization Table for Hadamard Transform based on Human Visual System for Image Compression. ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing. 2007; 12(5): 83-90.