

Makalah Seminar Tugas akhir  
**PEMAMPAT DATA CITRA DIGITAL ARAS KEABUAN DENGAN ALIHRAGAM WAVELET  
 PAKET MELALUI PENYANDIAN HUFFMAN MENGGUNAKAN DELPHI**  
 Indah Rahmawati\*, Achmad Hidayatno\*\*, R. Rizal Isnanto\*\*

**Abstrak** –Penyandian dan pemampatan data citra digital bertujuan untuk mengurangi jumlah bit yang digunakan untuk menyajikan dan menyimpan data citra. Alihragam *wavelet* paket memiliki kemampuan lebih tinggi dalam penyajian koefisien detail dibandingkan dengan alihragam *wavelet* konvensional sehingga ia dimanfaatkan untuk pemampatan data citra yang lebih baik. Jenis *wavelet* yang digunakan adalah *wavelet* Haar, Daubechies 2, Daubechies 3, dan Coiflet 1. Program aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7. Ukuran kualitas berkas hasil pemampatan dianalisis menggunakan rasio pemampatan. Selanjutnya kualitas citra terekonstruksi diukur berdasarkan indeks kualitas citra Wang-Bovik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar aras dekomposisi menyebabkan rasio pemampatan semakin kecil dengan indeks kualitas citra yang semakin kecil pula. Dari keempat jenis *wavelet* paket yang digunakan, jenis *wavelet* paket yang paling baik adalah *wavelet* Haar. Hal ini didasarkan pada rasio pemampatan yang dihasilkan lebih kecil dan kualitas citra lebih baik daripada jenis *wavelet* paket lainnya pada beberapa aras dekomposisi.

**Kata-kunci:** pemampatan citra digital, alihragam *wavelet* paket, penyandian Huffman, indeks kualitas citra

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pemampatan data adalah proses pengubahan ukuran berkas data menjadi berkas yang lebih kecil dengan tujuan untuk menghemat jumlah bit yang dibutuhkan dalam proses penyimpanan atau pengiriman data. Saat ini telah banyak ditemukan metode pemampatan citra. Pada dasarnya proses pemampatan data citra ada dua yakni pemampatan tak-berugi dan pemampatan berugi. Pemilihan kedua metode pemampatan data citra ini didasarkan pada kebutuhan. Untuk aplikasi yang membutuhkan ketelitian yang tinggi bisa menggunakan metode pemampatan tak-berugi. Sedangkan metode pemampatan berugi digunakan pada aplikasi yang tidak membutuhkan ketelitian yang tinggi.

### 1.2. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menjelaskan dan membuat aplikasi salah satu metode pemampatan data citra yaitu pemampatan dengan

menggunakan alihragam *wavelet* paket melalui penyandian Huffman menggunakan bahasa Delphi

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini dilakukan proses pemampatan data citra dengan menggunakan alihragam *wavelet* paket melalui penyandian Huffman.

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Citra yang diamati pada proses pemampatan data citra adalah citra aras keabuan (*grayscale*) dengan format Windows Bitmap Graphics.
2. Jenis tapis *Wavelet* yang digunakan adalah Haar, Daubechies orde 2, Daubechies orde 3, dan Coiflet orde 1.
3. Penyandian hasil kuantisasi menggunakan metode Huffman.
4. Program aplikasi pada tugas akhir ini adalah pemampat data citra digital aras keabuan dengan alih ragam *wavelet* paket melalui penyandian Huffman .
5. Bahasa pemrograman yang digunakan pada aplikasi ini adalah Borland Delphi 7.

## II. DASAR TEORI

### 2.1. Alihragam *Wavelet*

Teori *wavelet* dapat direalisasikan dengan teori tapis, dimana:

$$g(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c(k)\varphi_k(t) + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} d(j,k)\psi_{j,k}(t) \quad (1)$$

$$c_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)2^{j/2} \varphi(2^j t - k) dt \quad (2)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} f(t)2^{j/2} \left( \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_0 n \sqrt{2} \varphi(2(2^j t - k) - n) \right) dx$$

$$= \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_0 n c_{j+1, 2k+n},$$

dengan memisalkan  $m = 2k + n$

$$c_j(k) = \sum_m h_0(m - 2k)c_{j+1}(m). \quad (3)$$

dengan cara yang sama akan diperoleh :

$$d_j(k) = \sum_m g_0(m - 2k)c_{j+1}(m). \quad (4)$$

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

dengan  $h_0$  dan  $g_0$  adalah tapis pelewat rendah dan tapis pelewat tinggi. Nilai  $c_{j,k}$  dan  $d_{j,k}$  disebut dengan koefisien aproksimasi dan koefisien detil. Koefisien  $h_0$  dari beberapa jenis *wavelet* telah ditentukan, sedangkan nilai  $g_0$  dapat dicari melalui persamaan berikut<sup>[9]</sup>.

$$g_0 = (-1)^n h_{0-n+1}$$

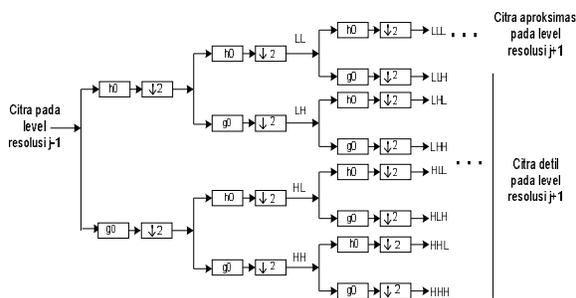
TABEL 1 KOEFISIEN TAPIS PELEWAT RENDAH

Jenis <i>Wavelet</i>	Koefisien Tapis pelewat rendah	
	$n$	$h(n)$
Haar	0	0,70710678118655
	1	0,70710678118655
Daubechies 2	0	0,48296291314453
	1	0,83651630373781
	2	0,22414386804201
	3	-0,12940952255126
Daubechies 3	0	0,33267055295008
	1	0,80689150931109
	2	0,45987750211849
	3	-0,13501102001025
	4	-0,08544127388203
Coiflet 1	0	-0,07273261951285
	1	0,33789766245781
	2	0,85257202021226
	3	0,38486484686420
	4	-0,07273261951285
5	-0,01565572813546	

**2.2. Alihragam *Wavelet* pada Pemampatan Citra**

Alihragam *wavelet* terhadap citra adalah menapis citra dengan tapis *wavelet*. Ke-4 subbidang citra ini adalah pelewat rendah- pelewat rendah (LL), pelewat rendah- pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi- pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi- pelewat tinggi (HH). Proses ini disebut dekomposisi.

Pada alihragam *wavelet* paket, hasil dari tapis pelewat tinggi dari tiap subbidang citra juga ditapis dan dicuplik turun, sampai pada jumlah maksimum iterasi dekomposisi. Kemudian menghitung koefisien aproksimasi dan koefisien detil dari tiap subbidang citra.



Gambar 1 Dekomposisi *wavelet* paket

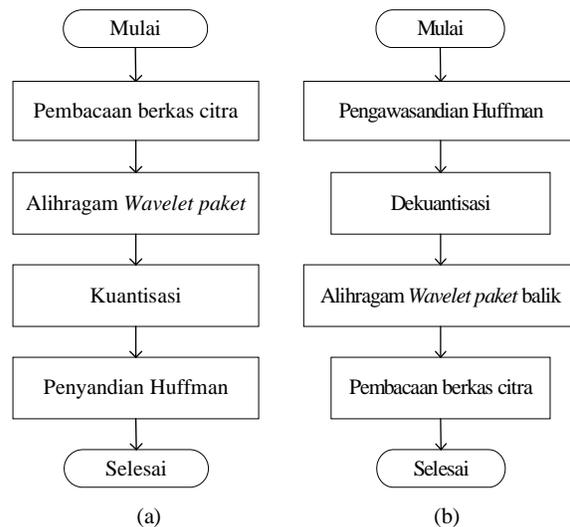
Gambar 2 menunjukkan suatu citra yang telah didekomposisi 2 kali.

LLLL	LLHL	HLLL	HLHL
LLLH	LLHH	HLLH	HLHH
LHLL	LHHL	HHLL	HHHL
LHLH	LHHH	HHLH	HHHH

Gambar 2 Subcitra pada dekomposisi 2 kali

**III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK**

Program tugas akhir menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7.0. Secara garis besar perangkat lunak yang akan dirancang dibagi menjadi dua yakni pemampatan dan pengawamampatan yang memiliki diagram alir seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir (a) Pemampatan (b) Pengawamampatan

Jenis citra yang digunakan pada program ini adalah citra aras keabuan dengan format Windows Bitmap Graphics, dengan ekstensi \*.bmp. Citra masukan dapat juga berupa citra berwarna 24-bit dengan format Windows Bitmap Graphics. Sebelum masuk pada proses selanjutnya, untuk citra berwarna 24-bit harus dikonversi terlebih dahulu menjadi citra aras keabuan.

**3.1 Dekomposisi**

Pada proses dekomposisi citra masukan aras keabuan akan dikalikan dengan matriks dekomposisi yang berisi koefisien tapis pelewat rendah dan tapis pelewat tinggi pada masing-masing jenis *wavelet*. Berikut ini adalah contoh matriks dekomposisi yang digunakan untuk *wavelet* Haar.

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

$$H = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & h_0 & h_1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & h_0 & h_1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & h_0 & h_1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & g_0 & g_1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & g_0 & g_1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & g_0 & g_1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad (5)$$

Sebagai contoh, X adalah citra masukan 4x4 dinyatakan sebagai matriks dan XE adalah matriks untuk citra yang telah diperluas dengan ketentuan:

$$X = [x1 \ x2 \ x3 \ x4] \quad (6)$$

$$XE = [x1 \ x1 \ x2 \ x3 \ x4 \ x4] \quad (7)$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 6 & 8 & 9 & 7 \\ 2 & 3 & 6 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} \quad XE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 \\ 6 & 6 & 8 & 9 & 7 & 7 \\ 2 & 2 & 3 & 6 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

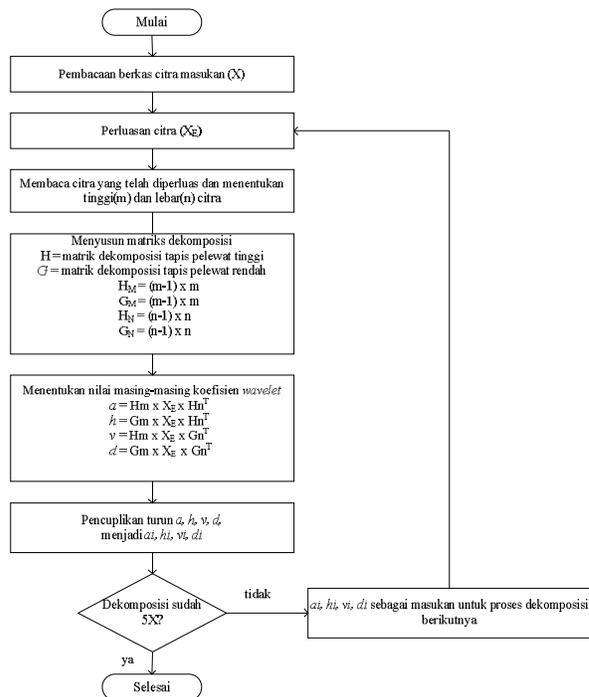
$$aa = H \times XE \times H^T$$

2,0	3,0	5,0	7,0	8,0	0	-1,0	-1,0	-1,0	0
7,0	8,5	11,0	11,5	11,0	0	-1,5	-1,0	0,5	0
8,0	9,5	13,0	15,5	16,0	0	-1,5	-2,0	-0,5	0
3,0	4,0	7,0	11,0	13,0	0	-1,0	-2,0	-2,0	0
2,0	3,0	5,0	7,0	8,0	0	-1,0	-1,0	-1,0	0

$$hh = G \times XE \times H^T$$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-5,0	-5,5	-6,0	-4,5	-3,0	0	0,5	0,0	-1,5	0
4,0	4,5	4,0	0,5	-2,0	0	-0,5	1,0	2,5	0
1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0	0	-1,0	-1,0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nilai aa, hh, vv, dan dd merupakan matriks hasil perkalian sebelum dicuplik turun. Untuk memperoleh nilai koefisien aproksimasi dan detil (a, h, v, dan d) maka matriks tersebut dicuplik turun dimulai dari baris kedua kolom kedua. Nilai-nilai yang berwarna hijau, merah, oranye, dan biru masing-masing merupakan nilai koefisien yang dicuplik turun untuk nilai aproksimasi a, dan nilai detil h, v, dan d. Diagram alir proses dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir dekomposisi

### 3.2 Rekonstruksi

Pada proses rekonstruksi, dilakukan proses seperti pada proses dekomposisi, namun matriks rekonstruksi yang digunakan adalah:

$$IH = \begin{bmatrix} h1 & h0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & h1 & h0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & h1 & h0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & h1 & h0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad IG = \begin{bmatrix} g1 & g0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & g1 & g0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & g1 & g0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & g1 & g0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \quad (8)$$

Matriks a, h, v, dan d berukuran M x N, dengan M dan N menyatakan jumlah baris dan kolom dari matriks koefisien a, h, v, dan d. Masing-masing matriks tersebut diperluas dengan menyisipkan nol, sehingga menjadi matriks ae, he, ve, dan de. Cara perluasan matriks koefisien, dapat ditunjukkan sebagai berikut.

$$a = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,N} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M,1} & a_{M,2} & \dots & a_{M,N} \end{bmatrix} \quad ae = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{1,1} & 0 & a_{1,2} & 0 & \dots & a_{1,N} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,1} & 0 & a_{2,2} & 0 & \dots & a_{2,N} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & a_{M,1} & 0 & a_{M,2} & 0 & \dots & a_{M,N} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

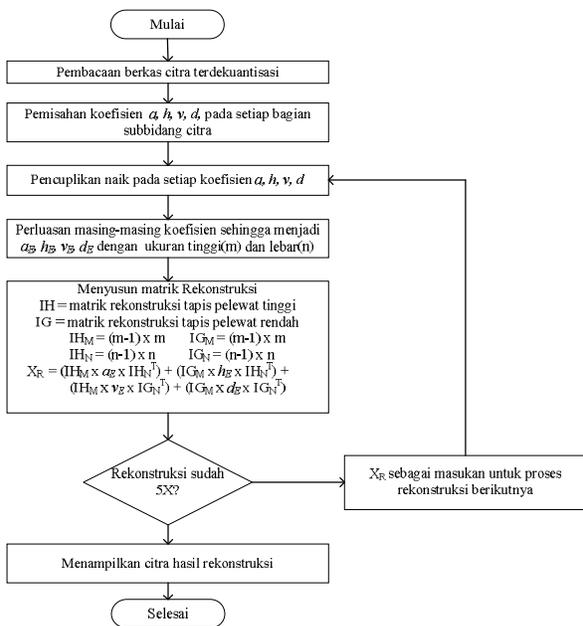
$$X_r = (IH \times ae \times IH^T) + (IG \times he \times IH^T) + (IH \times ve \times IG^T) + (IG \times de \times IG^T) \quad (10)$$

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

$$Xr = \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 0 \\ 6 & 8 & 9 & 7 & 0 \\ 2 & 3 & 6 & 9 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Citra rekonstruksi diperoleh dengan mengabaikan data tambahan pada baris dan kolom terakhir. Sehingga akan diperoleh citra hasil rekonstruksi yang sama dengan citra masukan. Diagram alir proses rekonstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir rekonstruksi

### 3.3 Kuantisasi

Kuantisasi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kuantisasi skalar seragam. Setiap nilai hasil dekomposisi dikuantisasi skalar seragam dengan nilai kuantisasi yang digunakan adalah 256.

Keluaran kuantisasi =  $i$  dapat dinyatakan dengan persamaan (2.11).

$$i = \left\lfloor \frac{x - x_L}{x_U - x_L} (N - 1) \right\rfloor \quad (11)$$

dengan tanda  $\lfloor \rfloor$  memotong nilai ke integer terdekat.

Dekuantisasi adalah proses sebaliknya dari kuantisasi, yaitu mengembalikan nilai hasil kuantisasi ke nilai awal sebelum proses kuantisasi.

$$K = \frac{x_U - x_L}{N - 1} \quad r = x_L + (K * i) \quad (12)$$

### 3.4 Penyandian Huffman

Ide dasar pemampatan Huffman adalah berdasarkan frekuensi kemunculan derajat keabuan dalam suatu citra. Derajat keabuan yang sering muncul, akan dikodekan dengan jumlah bit yang lebih sedikit, sedangkan untuk derajat keabuan yang jarang muncul dikodekan dengan jumlah bit yang lebih panjang.

Algoritma metode Huffman adalah sebagai berikut.

1. Mengurutkan peluang kemunculan nilai keabuan dari yang paling besar hingga yang paling kecil.
2. Menggabungkan dua simpul yang memiliki nilai peluang terkecil dan menjumlahkan nilai peluangnya sehingga menjadi simpul baru.
3. Memberi tanda '0' dan '1' secara bergantian pada setiap pasangan cabang yang tergabung dalam satu simpul.
4. Mengurutkan kembali nilai peluang pada setiap simpul dan melakukan lagi langkah 2 dan 3 hingga tersisa satu simpul.
5. Sandi untuk setiap nilai keabuan diperoleh dengan mengurutkan tanda '0' dan '1' yang terdapat dari setiap cabang dimulai dari simpul terakhir.

### 3.5 Indeks Kualitas Citra

Pada proses pengukuran indeks kualitas citra, citra yang dibandingkan adalah citra masukan dengan citra hasil rekonstruksi.

$$Q = \frac{4\sigma_{xy} \bar{x} \bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) [(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]} \quad (13)$$

Dengan  $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ ,  $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (14)$$

$N$  = Jumlah piksel pada citra asal dan citra yang diuji.

$Q$  = Indeks kualitas citra.

$\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  = rerata citra asli dan rerata citra yang diuji .

$\sigma_x^2$ ,  $\sigma_y^2$  = varians citra asli dan varians citra yang diuji .

## IV. HASIL PENELITIAN

### 4.1. Tampilan Program

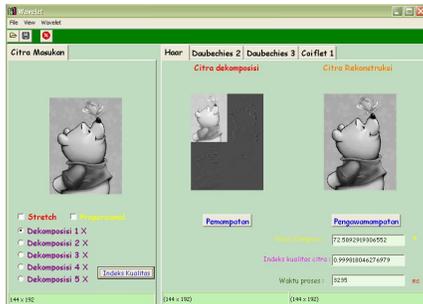
Gambar 6 merupakan tampilan program tugas akhir. Citra dekomposisi merupakan tampilan citra yang telah didekomposisi. Citra rekonstruksi merupakan tampilan citra hasil rekonstruksi sesuai

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

dengan jenis *wavelet* paket yang digunakan.

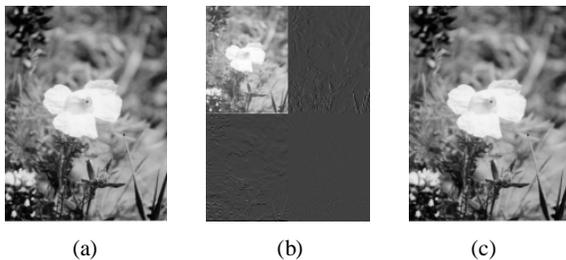
Data hasil penelitian diperoleh dengan cara memilih jenis *wavelet* paket untuk setiap dekomposisi dan mengamati hasil pemampatan pada beberapa citra masukan. Pembahasan dilakukan berdasarkan rasio pemampatan yang dihasilkan dan pengukuran indeks kualitas citra.



Gambar 6 Tampilan program

#### 4.2. Hasil Penelitian Pada 5 Aras Dekomposisi

Pada tugas akhir ini, dekomposisi dapat dilakukan sampai 5 kali, Gambar 7 menunjukkan hasil pemampatan dari citra **Flower.bmp** dengan menggunakan *wavelet* paket Haar.



Gambar 7 Hasil pemampatan citra **Flower.bmp** menggunakan alihragam *wavelet* paket Haar dekomposisi 1 kali (a) Citra masukan (b) Citra dekomposisi (c) Citra rekonstruksi

Hasil dekomposisi 1 kali pada *wavelet* Haar untuk citra **Flower.bmp** akan dihasilkan 1 citra aproksimasi dan 3 citra detil yang masing-masing berukuran  $96 \times 72$ . jumlah koefisien ini ditentukan oleh  $\left\lfloor \frac{N+1}{2} \right\rfloor$ ,

dengan  $N$  adalah jumlah data masukan. Maka banyaknya koefisien aproksimasi dan koefisien detil dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Panjang} = \left\lfloor \frac{192+1}{2} \right\rfloor = 96 \quad \text{Lebar} = \left\lfloor \frac{144+1}{2} \right\rfloor = 72$$

Hasil dari pemampatan Huffman diperoleh rasio pemampatan sebesar 84,1%. Tingkat pengecilan ukuran berkas citra sebesar  $(100\% - 84,1\%) = 15,9\%$ . Hasil dari rekonstruksi diperoleh indeks kualitas citra sebesar 0,99988. Angka ini menunjukkan bahwa citra hasil rekonstruksi memiliki kualitas yang baik, karena

hanya sedikit informasi yang hilang akibat proses pemampatan

Dengan proses yang sama, hasil pemampatan dengan dekomposisi 1 kali sampai 5 kali dapat disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2 HASIL RASIO PEMAMPATAN PADA SETIAP ARAS DEKOMPOSISI

Citra	Wavelet Paket	Aras Dekomposisi				
		1	2	3	4	5
Flower.bmp (144×192)	Haar	84,1	66,0	51,3	37,9	<b>28,2</b>
	Db 2	83,3	66,7	54,1	45,8	49,2
	Db 3	83,1	64,9	59,2	54,4	70,1
	Coif 1	84,6	67,7	60,7	59,3	66,1
Pooh.bmp (144×192)	Haar	72,5	54,1	42,1	32,1	<b>25,9</b>
	Db 2	73,1	56,0	47,2	40,1	41,6
	Db 3	73,1	58,7	49,	45,7	56,2
	Coif 1	74,1	58,9	53,9	46,2	54,0
Bumi.bmp (187×187)	Haar	72,4	56,6	45,9	35,2	<b>27,1</b>
	Db 2	73,3	58,3	48,3	38,5	36,8
	Db 3	73,0	59,5	48,3	45,1	51,1
	Coif 1	73,4	58,5	49,9	46,4	49,4
Tiger.bmp (187×187)	Haar	72,7	53,5	42,5	32,0	<b>23,5</b>
	Db 2	71,7	53,0	46,2	40,3	33,5
	Db 3	72,7	54,2	46,3	44,1	49,3
	Coif 1	74,2	56,5	46,7	43,4	47,9
Kupu.bmp (295×200)	Haar	73,5	57,5	47,5	36,3	<b>28,9</b>
	Db 2	72,6	53,5	43,6	37,9	36,6
	Db 3	72,4	54,8	45,8	42,5	47,5
	Coif 1	72,2	56,0	46,4	46,4	56,8
Mobil.bmp (295×200)	Haar	53,5	40,4	32,7	29,3	<b>26,5</b>
	Db 2	52,9	41,0	34,6	31,8	35,4
	Db 3	54,0	41,5	37,9	37,8	48,4
	Coif1	55,9	43,2	38,7	36,1	45,0

Keterangan: R = Rasio pemampatan

Q = Indeks kualitas citra

Nilai yang tercetak tebal menunjukkan rasio pemampatan yang paling baik

Tabel 2 menunjukkan bahwa beberapa contoh citra masukan yang digunakan memiliki ukuran yang sama. Seperti citra **flower.bmp** dan **Pooh.bmp** memiliki ukuran yang sama yakni  $192 \times 144$ . Namun, rasio pemampatan yang dihasilkan berbeda. Citra

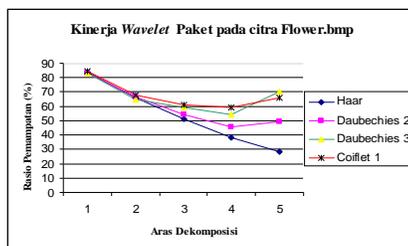
\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

**Pooh.bmp** memiliki rasio pemampatan lebih kecil jika dibandingkan dengan citra **flower.bmp**. Hal ini menunjukkan bahwa untuk citra-citra buatan manusia akan memiliki komposisi warna yang lebih teratur dan lebih seragam dibandingkan dengan citra-citra alami. Oleh sebab itu, rasio dari pemampatan Huffman untuk citra dengan nilai yang lebih seragam akan lebih kecil dari pada citra alami dengan nilai yang lebih acak

#### 4.6 Kinerja Wavelet Paket pada Pemampatan Citra Digital

Untuk mengetahui kinerja *wavelet* paket, maka diperlukan grafik yang menyatakan hubungan antara aras dekomposisi dengan rasio pemampatan pada masing-masing citra. Sebagai contoh Gambar 8 merupakan grafik hubungan rasio pemampatan dan level dekomposisi untuk citra **Flower.bmp**.



Gambar 8 Grafik hubungan rasio pemampatan terhadap aras dekomposisi pada citra **Flower.bmp**

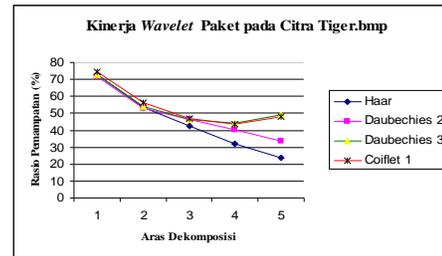
Pada Gambar 8 grafik menunjukkan bahwa rasio pemampatan *wavelet* paket Daubechies 2, Daubechies 3, dan Coiflet 1 semakin naik setelah dekomposisi 4 kali. Rasio pemampatan yang semakin naik ini disebabkan karena pada dekomposisi 5 kali dihasilkan koefisien detil yang lebih banyak daripada aras dekomposisi sebelumnya.

Gambar 9 merupakan grafik hubungan rasio pemampatan dan level dekomposisi untuk citra **Tiger.bmp**. Semakin besar aras dekomposisi, maka Rasio pemampatan yang dihasilkan cenderung semakin kecil.

Pada Gambar 9 Rasio pemampatan *wavelet* Daubechies 3, dan Coiflet 1 semakin naik setelah dekomposisi 4 kali. Hal ini sama dengan grafik citra **Flower.bmp**.

Dari grafik hubungan rasio pemampatan terhadap aras dekomposisi pada beberapa citra dapat disimpulkan bahwa *wavelet* Haar memiliki kinerja yang paling baik dalam memampatkan citra. Sebab, semakin besar level dekomposisi rasio pemampatan akan semakin kecil. Sedangkan untuk ketiga jenis *wavelet* lainnya, pada dekomposisi kelima rasio pemampatan akan semakin membesar. Hal ini disebabkan oleh jumlah koefisien yang dihasilkan

oleh *wavelet* Daubechies 2, Daubechies 3, dan Coiflet 1 lebih banyak dibandingkan dengan jumlah koefisien yang dihasilkan oleh *wavelet* Haar.



Gambar 9 Grafik hubungan rasio pemampatan terhadap aras dekomposisi pada citra **Tiger.bmp**

TABEL 3 HASIL INDEKS KUALITAS CITRA PADA SETIAP ARAS DEKOMPOSISI

Citra	Wavelet Paket	Aras Dekomposisi				
		1	2	3	4	5
Flower	Haar	0,9988	0,9996	0,9988	0,9950	0,9876
	Db 2	0,9998	0,9996	0,9988	0,9952	0,9789
	Db 3	0,9999	0,9996	0,9980	0,9970	0,9815
	Coif 1	0,9998	0,9996	0,9990	0,9019	0,9892
Pooh	Haar	0,9998	0,9994	0,9986	0,9945	0,9870
	Db 2	0,9998	0,9994	0,9987	0,9925	0,9710
	Db 3	0,9998	0,9995	0,9986	0,9956	0,9847
	Coif 1	0,9998	0,9995	0,9984	0,8766	0,9870
Bumi	Haar	0,9999	0,9998	0,9995	0,9977	0,9951
	Db 2	0,9999	0,9998	0,9994	0,9981	0,9904
	Db 3	0,9999	0,9998	0,9995	0,9981	0,9933
	Coif 1	0,9999	0,9998	0,9994	0,9585	0,9948
Tiger	Haar	0,9996	0,9990	0,9976	0,9924	0,9763
	Db 2	0,9997	0,9991	0,9957	0,9866	0,9771
	Db 3	0,9996	0,9990	0,9976	0,9919	0,9663
	Coif 1	0,9996	0,9991	0,9978	0,7851	0,9657
Kupu	Haar	0,9999	0,9997	0,9986	0,9975	0,9917
	Db 2	0,9999	0,9996	0,9992	0,9938	0,9837
	Db 3	0,9999	0,9996	0,9991	0,9945	0,9787
	Coif 1	0,9999	0,9996	0,9991	0,8708	0,9782
Mobil	Haar	0,9996	0,9994	0,9980	0,9964	0,9980
	Db 2	0,9999	0,9993	0,9987	0,9967	0,9864
	Db 3	0,9996	0,9993	0,9971	0,9966	0,9828
	Coifl	0,9996	0,9988	0,9938	0,8330	0,9899

Keterangan: R = Rasio pemampatan  
Q = Indeks kualitas citra

Pada Tabel 3 indeks kualitas citra yang dihasilkan hampir sama pada setiap level dekomposisinya. Oleh karena itu, pengukuran kinerja *wavelet* paket lebih diutamakan pada rasio pemampatan yang dihasilkan.

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar aras dekomposisi maka rasio pemampatan yang dihasilkan semakin kecil. Untuk *wavelet* Haar dan Daubechies 2, rasio pemampatan paling kecil diperoleh saat dekomposisi 5 kali. Sedangkan *wavelet* Daubechies 3 dan Coiflet 1, rasio pemampatan paling kecil diperoleh saat dekomposisi 4 kali.
2. Pemampatan citra digital aras keabuan melalui penyandian Huffman paling efektif dengan menggunakan *wavelet* Haar dengan dekomposisi sebanyak 5 kali.
3. Nilai indeks kualitas citra akan semakin kecil jika aras dekomposisi semakin besar karena semakin banyak bagian informasi yang hilang akibat proses pemampatan.
4. Pemampatan Huffman akan menghasilkan rasio pemampatan semakin kecil pada saat citra masukan memiliki ukuran yang besar dengan keseragaman nilai yang tinggi.
5. Rasio pemampatan untuk citra buatan lebih kecil dibandingkan dengan rasio pemampatan untuk citra alami. Sebab, citra buatan umumnya memiliki keseragaman yang lebih tinggi daripada citra alami.

### 5.2 Saran

1. Perlu pengembangan lebih lanjut terhadap program aplikasi ini agar dapat bekerja dengan waktu proses yang lebih cepat untuk citra masukan dengan ukuran besar.
2. Perlu penelitian lanjutan dengan menggunakan metode penyandian yang lain, seperti penyandian aritmetika, dan sebagainya. Selanjutnya hasil penelitian tersebut dapat dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, sehingga diperoleh algoritma yang paling efektif untuk pemampatan citra, baik ditinjau dari segi rasio pemampatan, indeks kualitas citra dan waktu proses yang lebih cepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Achmad, B., dan K. Firdausy., *Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan DELPHI*, Ardi Publishing, Yogyakarta, 2005.
- [2]. Burrus, C.S., R.A. Gopinath., and H. Guo., *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*, Prentice Hall. Inc. New Jersey, 1998.
- [3]. Grgic, S., M. Grgic., and Branka Z.C., *Performance Analysis of Image Compression Using Wavelets*, IEEE Transaction on Industrial Electronics Vol.48, No.3, Juni 2001.
- [4]. Jain, A.K., *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Inc. Singapore, 1989
- [5]. Mallat, S., *a Wavelet Tour of Signal Processing 2<sup>nd</sup> edition*, Academic Press. USA, 1999.
- [6]. Nelson, M., and J.L. Gailly., *The Data Compression Book Second Edition*, M&T Books. United State of America, 1995.
- [7]. Sianipar, R.H., dan S. Muliani W.J., *Kompresi citra Digital Berbasis Wavelet : Tinjauan PSNR dan Laju Bit*, Jurnal Informatika Vol.4 No.2 November 2003, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, <http://puslit.petra.ac.id/journals/informatics/>, November 2004.
- [8]. Sudjasmo, *Pemampatan Data Citra Digital Dengan alihragam Wavelet Paket melalui penyandian Aritmatika*, Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2002.
- [9]. Sukono, *Pemampatan Data Citra Digital Menggunakan Transformasi Wavelet*, Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [10]. Wahana Komputer, *Pemrograman Borland Delphi 7.0*, ANDI. Yogyakarta, 2003.
- [11]. Wang, Z., and A.C. Bovik., *A Universal Image Quality Index*, IEEE Signal Processing Letters, Vol XX, No Y. Maret 2002.

---

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

**INDAH RAHMAWATI****(L2F001605)**

Menempuh pendidikan dasar di SDN. Dalpenang I sampai tahun 1995 dan melanjutkan ke SLTPN. 1 Sampang sampai tahun 1998 kemudian dilanjutkan lagi di SMUN. 1 Sampang lulus tahun 2001. Dari tahun 2001 sampai saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.

NIP. 132 137 933

Pembimbing II

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

NIP. 132 288 515

---

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang