

PEMAMPATAN DATA CITRA BERWARNA DENGAN ALIHRAGAM WAVELET HAAR

Yuli Astriani*, Achmad Hidayatno**, R.Rizal Isnanto**

Abstrak- Selama ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai pemampatan data citra berwarna menggunakan alihragam *wavelet* Haar dengan penyandian Huffman. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dibuat perangkat lunak sistem pemampatan data citra berwarna dengan alihragam *wavelet* Haar dan penyandian Huffman.

Langkah-langkah pada penelitian ini antara lain : penerapan dekomposisi citra menggunakan metode dekomposisi baku alihragam *wavelet* Haar 2 dimensi, pengenalan, kuantisasi, dan penyandian koefisien citra dengan metode penyandian Huffman, merekonstruksi citra dari koefisien citra termampat, mengukur kinerja sistem pemampatan citra menggunakan parameter PSNR, indeks kualitas, dan rasio pemampatan.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dekomposisi baku alihragam *wavelet* Haar hanya bisa bekerja dengan baik pada citra dengan ukuran $2^N \times 2^M$. Nilai rasio pemampatan yang dihasilkan alihragam *wavelet* Haar dengan penyandian Huffman jauh besar jika dibandingkan rasio pemampatan yang hanya menggunakan penyandian Huffman. Jika citra uji mempunyai detil yang lebih seragam akan diperoleh rasio pemampatan yang semakin besar, begitu juga indeks kualitas yang diperoleh akan semakin besar. Pengenalan koefisien yang bernilai kecil menghasilkan rasio pemampatan yang semakin besar sedangkan indeks kualitas yang diperoleh semakin kecil.

Kata-kunci - alihragam *wavelet* Haar, dekomposisi, rekonstruksi, pengenalan, penyandian Huffman, indeks kualitas.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karakteristik informasi digital, termasuk citra digital antara lain : lebih mudah untuk diolah, disimpan dan didistribusikan. Akan tetapi perubahan sinyal informasi dari bentuk analog ke bentuk digital menyebabkan peningkatan kebutuhan lebar bidang (*bandwidth*) dan memori yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan teknik untuk memampatkan jumlah bit data digital tersebut.

Salah satu cara untuk memampatkan data citra digital adalah dengan alihragam *wavelet* Haar. Secara umum metode alihragam *wavelet* Haar untuk pemampatan citra adalah dengan mendekomposisi nilai piksel dari citra, yaitu dengan menghitung rata-rata dari nilai piksel secara berpasangan secara rekursif dan juga menghitung koefisien detilnya (koefisien selisih). Semakin besar resolusi citra maka nilai koefisien detilnya akan semakin kecil, sehingga memungkinkan untuk mengenkodkan (*zeroing*) koefisien detil yang bernilai kecil dan menghasilkan galat yang kecil pada citra rekonstruksinya sehingga memungkinkan pemampatan citra secara berugi.

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Untuk mengetahui kinerja sistem pemampatan citra yang menggunakan alihragam *wavelet* Haar, maka perlu dibuat suatu perangkat lunak menggunakan alihragam *wavelet* Haar dan penyandian Huffman. Kinerja sistem pemampatan ini diukur dengan menghitung parameter-parameter rasio pemampatan, PSNR, dan indeks kualitas.

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memampatkan data citra berwarna dengan menggunakan alihragam *wavelet* Haar sehingga dihasilkan berkas citra berwarna dengan jumlah bit yang lebih sedikit dengan kualitas citra termampat yang bagus.

1.3 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Proses pemampatan data citra digital pada tugas akhir ini adalah : mendekomposisi citra menggunakan dekomposisi baku alihragam *wavelet* Haar 2 dimensi, zeroing, penyandian Huffman, rekonstruksi baku citra 2 dimensi.
2. Jenis citra yang digunakan dalam pengujian adalah citra berwarna, dengan ekstensi **.bmp** 24 bit dengan ukuran citra $2^N \times 2^M$ piksel, M dan N adalah bilangan bulat > 0 . Pengolahannya pada citra tunggal tak bergerak.
3. Analisis unjuk-kerja pemampatan citra yang telah dibuat dengan parameter rasio pemampatan, PSNR, dan indeks kualitas Wang-Bovik.
4. Program bantu yang digunakan untuk membuat simulasi tugas akhir ini adalah bahasa pemrograman Visual C++.

II. DASAR TEORI

2.1 Warna YIQ

Warna-warna yang kelihatan pada dasarnya tersusun dari tiga warna primer merah, hijau, dan biru. Industri pertelevisian dan video telah melakukan penelitian untuk menghasilkan model persepsi warna yang seragam untuk mendapatkan kualitas kompresi yang tinggi.

Dua model yang dikembangkan oleh industri video adalah YIQ dan YUV. YUV digunakan oleh standar Betamax, PAL, dan SECAM (televisi Eropa), sedangkan YIQ digunakan pada standar NTSC (televisi Amerika). Pada dasarnya YIQ adalah YUV dengan optimalisasi faktor penskalaan untuk mengurangi *bandwidth*, dengan Y adalah nilai luminans citra sedangkan I dan Q adalah nilai kromatis citra. Untuk mengubah nilai RGB menjadi YIQ adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,595 & -0,274 & -0,322 \\ 0,211 & -0,523 & 0,132 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

Untuk merekonstruksi nilai YIQ kembali ke nilai RGB adalah dengan invers matriks pada persamaan (1), diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,001 & 0,957 & 0,622 \\ 0 & -0,273 & -0,647 \\ 0,999 & -1,105 & 1,700 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2 Alihragam Wavelet Haar

Analisis dengan *wavelet* Haar yaitu, pertama-tama anggap suatu citra dengan resolusi 1 piksel sebagai fungsi kotak dengan interval setengah terbuka $[0, 1]$, (fungsi dengan interval setengah terbuka $[a, b]$ adalah fungsi yang terdiri atas semua nilai x pada rentang $a \leq x \leq b$). Kemudian dimisalkan V^0 adalah ruang vektor (*vector space*) dari fungsi tersebut (ruang vektor adalah sekumpulan dari vektor yang didalamnya bisa dilakukan penambahan dan perkalian skalar).

Dari keterangan di atas, bisa dianalogikan bahwa citra dengan 2 piksel adalah fungsi kotak dengan interval $[0, 1/2]$ dan $[1/2, 1]$, dan dinotasikan V^1 sebagai ruang vektor dari fungsi tersebut. Jadi, V^j adalah ruang vektor yang terdiri atas 2^j subinterval. Fungsi basis dari ruang V^j adalah fungsi penskalaan ϕ . Karena vektor ini adalah fungsi yang terdefinisi pada interval unit, maka setiap vektor V^j terdapat dalam vektor V^{j+1} . Sebagai contoh, citra dengan fungsi yang terdiri atas 2 basis bisa dianalisis menggunakan fungsi 4 basis, dengan setiap interval pada fungsi yang pertama berhubungan dengan pasangan interval yang kedua.

$$\phi_i^j(x) = \phi(2^j x - i) \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^j - 1 \quad (3)$$

dengan

$$\phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

Tahap selanjutnya adalah pendefinisian perkalian dalam sebagai syarat analisis multiresolusi, misalkan W^j adalah komplemen ortogonal dari V^j pada V^{j+1} , maka:

$$\langle W^j | V^j \rangle = \int_0^1 W^j(x) V^j(x) dx = 0 \quad (4)$$

Sekumpulan fungsi yang bebas secara linier dari W^j disebut *wavelet* $\psi_i^j(x)$. Fungsi basis mempunyai 2 properti yang penting, yaitu:

1. Fungsi basis ψ_i^j dari W^j , bersama dengan fungsi basis ϕ_i^j dari V^j membentuk basis untuk V^{j+1} .
2. Setiap fungsi basis ψ_i^j dari W^j adalah ortogonal dengan semua fungsi basis ϕ_i^j dari V^j .

Wavelet yang berhubungan dengan basis kotak disebut *wavelet* Haar, dengan :

$$\psi_i^j(x) = \psi(2^j x - i) \quad i = 0, 1, \dots, 2^j - 1 \quad (5)$$

dengan

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } 0 \leq x < 1 \\ -1 & \text{untuk } 1/2 \leq x < 1 \\ 0 & \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Wavelet Haar selain mempunyai sifat ortogonal juga mempunyai sifat normalisasi. Suatu fungsi $u(x)$ dikatakan ternormalisasi jika $\langle u | u \rangle = 1$. Basis Haar bisa dinormalisasi dengan definisi:

$$\phi_i^j(x) = \sqrt{2^j} \phi(2^j x - i) \quad (5)$$

$$\psi_i^j(x) = \sqrt{2^j} \psi(2^j x - i) \quad (6)$$

dengan konstanta $\sqrt{2^j}$ dipilih untuk memenuhi $\langle u | u \rangle = 1$ dari standar perkalian dalam.

Cara kerja *wavelet* Haar dalam pemrosesan sinyal dapat diilustrasikan sebagai berikut, misalnya terdapat sebuah sinyal atau citra digital berdimensi satu dengan resolusi 4, yaitu : [9 7 3 5]. Untuk menguraikannya menjadi deret Haar, mula-mula dihitung nilai rata-ratanya sepasang demi sepasang, sehingga diperoleh : [8 4], untuk dapat memperoleh citra semula, perlu dicatat koefisien detil yang memuat informasi yang dilakukan. Citra semula dapat diperoleh dengan cara menambah dan mengurangi nilai rata-rata tadi dengan koefisien detil ini. Pada contoh, 9 dan 7 dapat diperoleh kembali dari 8 dengan cara menambah dan mengurangnya dengan 1. Jadi, koefisien detil pertama adalah 1. Sementara itu 3 dan 5 dapat diperoleh kembali dari 4 dengan cara menambah dan mengurangnya dengan 1. Jadi, koefisien detil kedua adalah -1. Selanjutnya, dihitung lagi nilai rata-rata dari 8 dan 4 sehingga diperoleh 6, dan dicatat koefisien detilnya, yaitu 2.

Tabel 1 Hasil dekomposisi penuh citra empat piksel.

Resolusi	Rerata	Koefisien detil
4	[9 7 3 5]	-
2	[8 4]	[1 -1]
1	[6]	[2]

Jadi, dengan menggunakan *wavelet* Haar, citra digital [9 7 3 5] ditransformasikan menjadi deret [6 2 1 -1]. Dengan definisi properti *wavelet*, koefisien baru yang ternormalisasi diperoleh dengan membagi setiap koefisien yang lama sesuai dengan superscriptnya j yaitu dibagi dengan $\sqrt{2^j}$. Jadi dari contoh dekomposisi pada Tabel 1 didapat koefisien yang tidak ternormalisasi [6 2 1 -1], setelah dinormalisasi menjadi $[6 \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{-1}{\sqrt{2}}]$.

2.3 Zeroing

Tujuan pemampatan data citra berugi dengan alihragam *wavelet* Haar adalah untuk menyajikan citra dengan fungsi basis yang lebih sedikit. Salah satu cara untuk mendapatkan fungsi basis yang lebih sedikit adalah dengan meng-nol-kan (*zeroing*) koefisien hasil dekomposisi citra yang bernilai kecil sehingga. Berikut adalah langkah-langkah *zeroing* untuk memampatkan citra:

1. Data citra yang telah diperoleh didekomposisi dengan alihragam *wavelet* Haar 2-D.
2. Penentuan ambang untuk proses *zeroing* dengan galat yang masih dapat ditoleransi.
3. Koefisien dekomposisi yang berada di bawah nilai ambang dinolkan.

Pada TA ini nilai ambang untuk masing-masing koefisien YIQ adalah sebagai berikut.

1. Untuk koefisien Y : dari -0,050 sampai 0,050
2. Untuk koefisien I : dari -0,150 sampai 0,150
3. Untuk koefisien Q : dari -0,150 sampai 0,150

Penentuan nilai ambang pengenalan ini berbeda karena, mata manusia lebih peka terhadap perubahan Y (luminans / kecerahan) dibandingkan perubahan koefisien I dan Q (nilai kromatis citra).

2.4 Kuantisasi dan Dekuantisasi

Koefisien citra hasil alihragam *wavelet* membutuhkan ruang yang lebih besar untuk menyimpan daripada piksel-piksel citra biasa, oleh karenanya dibutuhkan proses kuantisasi. Kuantisasi secara sederhana merupakan proses untuk mengurangi jumlah bit yang dibutuhkan untuk menyimpan sebuah nilai bilangan bulat dengan mengurangi ketelitian bilangan bulat.

Kuantisasi yang digunakan pada tugas akhir ini adalah kuantisasi skalar seragam, yaitu mengolah tiap piksel sendiri-sendiri menjadi nilai yang diharapkan. Proses kuantisasi pada TA ini sangat sederhana, yaitu mengubah koefisien teralihragam yang berupa bilangan desimal menjadi bilangan bulat. Tetapi terlebih dulu koefisien teralihragam ini dikalikan dengan bilangan 10 untuk ukuran citra lebih kecil atau sama dengan 256 x 256 piksel, sedangkan citra yang berukuran lebih besar dikalikan dengan bilangan 100. Proses pengalihan dengan bilangan 10 atau 100 bertujuan agar 1 atau 2 angka yang berada di belakang koma koefisien teralihragam tidak ikut terpotong saat proses pembulatan, sehingga informasi yang hilang tidak terlalu banyak.

Proses dekuantisasi adalah kebalikan dari proses kuantisasi. Dekuantisasinya dilakukan dengan membagi koefisien hasil kuantisasi dengan bilangan 10 untuk citra berukuran sama atau lebih kecil dengan 256 x 256 piksel, sedangkan citra yang berukuran lebih besar dibagi dengan bilangan 100. Hasil proses dekuantisasi berupa bilangan desimal dengan 1 atau 2 angka dibelakang koma yang besarnya mendekati nilai koefisien teralihragam mula-mula.

2.5 Penyandian Huffman

Sandi Huffman menggunakan panjang sandi yang berbeda-beda dan terdiri atas bit 0 dan 1 untuk menyandikan karakter atau simbol lain. Sandi Huffman menyandikan karakter yang sering muncul dengan panjang sandi yang lebih kecil sedangkan untuk karakter yang jarang muncul dengan sandi yang panjang. Algoritma Huffman adalah algoritma kompresi statistik yang juga menghitung sandi prefiks, artinya sandi yang satu bukan merupakan prefiks sandi yang lain. Algoritma Huffman memulai perhitungan sandi dengan menghitung statistik semua karakter, kemudian memakai statistik tersebut untuk menghitung sebuah pohon biner yang disebut Huffman *tree*.

Contoh : akan disandikan karakter-karakter dari judul tugas akhir ini yaitu "PEMAMPATAN DATA CITRA BERWARNA DENGAN ALIHRAGAM

WAVELETE HAAR", dari judul tersebut diperoleh sandinya pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2 Sandi hasil penyandian Huffman

Karakter	Kode	Karakter	Kode
C	1000000	W	10111
B	1000001	M	0001
V	100001	N	0000
D	10001	R	0100
G	10010	T	0101
H	10011	E	001
I	10100	Spasi	011
L	10101	A	11
P	10110		

2.6 Kriteria Penilaian Citra

Kriteria penilaian citra sangat berguna dalam mengukur kualitas citra hasil dan juga untuk mengetahui unjuk kerja dari proses pemampatan citra. Kriteria penilaian citra yang digunakan pada tugas akhir ini adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), rasio kompresi, dan indeks kualitas yang dihitung menggunakan persamaan (7), (8), (9), dan (10) berikut.

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |f(x,y) - g(x,y)|^2} \quad (7)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{R}{MSE}, \quad R = 255 \quad (8)$$

$$\text{Rasio kompresi} = \frac{\text{Ukuran citra asli}}{\text{Ukuran citra termampat}} \quad (9)$$

dengan :

$f(x,y)$ = Nilai intensitas citra asli pada koordinat (x,y)

$g(x,y)$ = Nilai intensitas citra rekonstruksi pada koordinat (x,y)

M = Banyaknya piksel vertikal pada citra

N = Banyaknya piksel horisontal pada citra

R = Nilai maksimal intensitas citra.

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) \left[\left(\frac{\bar{x}}{x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{y}}{y}\right)^2 \right]} \quad (10)$$

dengan

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (11)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (12)$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (13)$$

N = jumlah piksel pada citra asli dan citra yang diuji

Q = indeks kualitas citra

\bar{x} = rerata citra asli

\bar{y} = rerata citra yang diuji

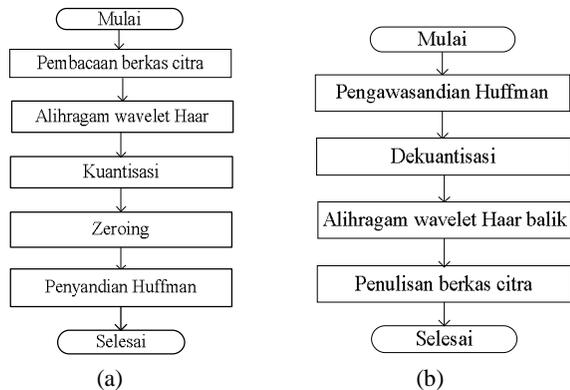
σ_x^2 = varians citra asli

σ_y^2 = varians citra yang diuji.

Cakupan yang dinamik dari Q adalah [-1, 1]. Harga yang terbaik adalah 1, diperoleh jika dan hanya jika $y_i = x_i$ untuk semua $i = 1, 2, \dots, N$.

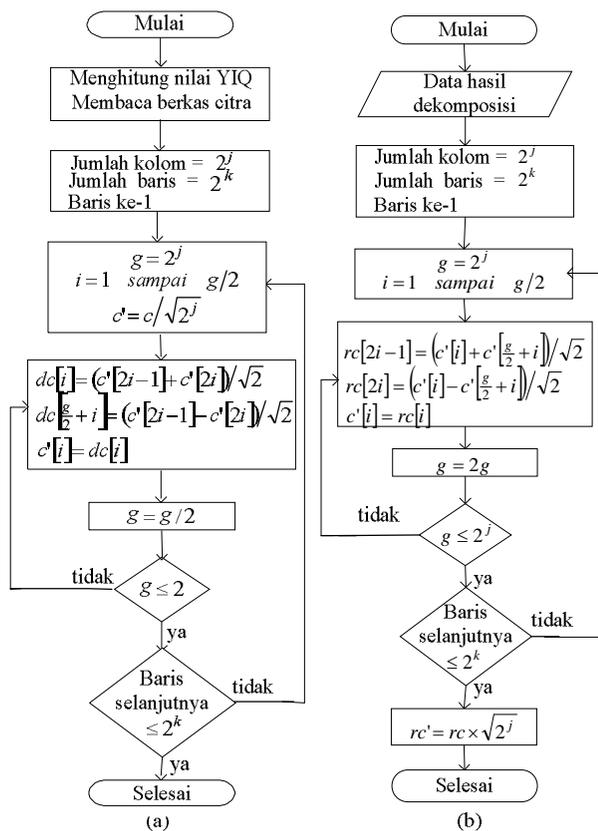
III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perancangan perangkat lunak program pemampatan citra pada tugas akhir ini menggunakan bahasa pemrograman Visual C++. Perangkat lunak yang akan dirancang terdiri dari 2 bagian, yaitu pemampatan dan pengawamampatan dengan diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir (a) Pemampatan (b) Pengawamampatan

Diagram alir untuk dekomposisi dan rekonstruksi koefisien citra ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Diagram alir (a) Dekomposisi (b) Rekonstruksi

Diagram alir dekomposisi dan rekonstruksi pada Gambar 2 di atas adalah algoritma untuk data 1 dimensi (1 baris pada data matriks citra). Karena data citra berupa matriks 2 dimensi, maka algoritma yang digunakan

adalah alihragam *wavelet* Haar 2 dimensi, pada TA ini yang digunakan adalah alihragam baku. Untuk mendapatkan dekomposisi baku dari sebuah citra, peratama-tama hitung koefisien dekomposisi 1 dimensi setaiap baris piksel dari citra. Kemudian hasil dari dekomposisi baris dihitung lagi koefisien dekomposisi 1 dimensi untuk tiap kolom, akhirnya diperoleh sebuah nilai yang merupakan rata-rata dari seluruh nilai piksel, sedangkan yang lainnya berupa koefisien detail dari citra.

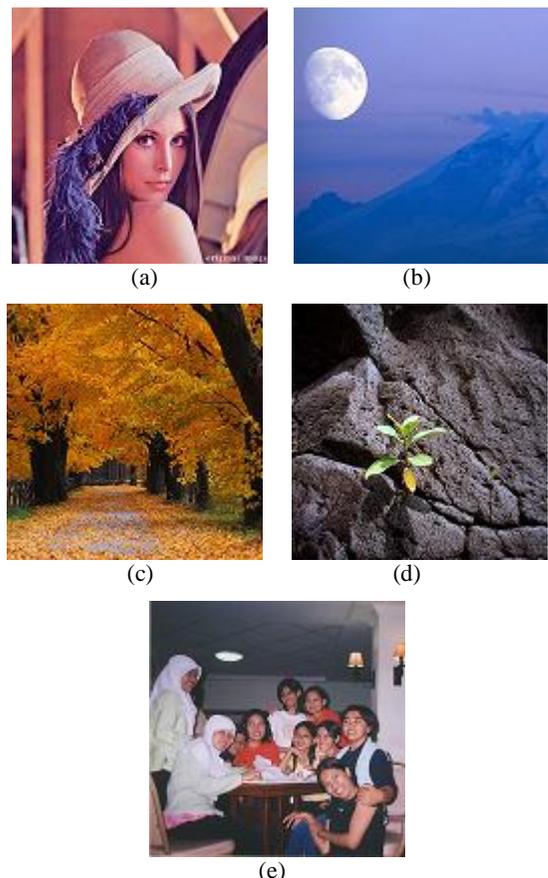
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hal yang diteliti dalam TA ini adalah unjuk kerja sistem pemampatan citra yang menggunakan alihragam *wavelet* dan pengkodean Huffman untuk berbagai masukan citra. Citra masukan bervariasi ukuran dan detilnya

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Pada pembahasan hasil penelitian ini selain dibahas unjuk kerja sistem pemampatan citra, juga dibahas mengenai pengaruh masing-masing proses pemampatan citra. Gambar 3 adalah citra-citra yang digunakan pada pembahasan hasil penelitian. Karena keterbatasan tempat semuanya disajikan dalam ukuran 128 x 128 piksel.



Gambar 3 Citra-citra yang digunakan untuk memudahkan pembahasan (a) **Lena.bmp** (b) **Ascent.bmp** (c) **Autum.bmp** (d) **Pohon.bmp** (e) **Eltel.bmp**

4.2.1 Rasio Pemampatan

Perhitungan rasio pemampatan citra bertujuan untuk membandingkan ukuran citra hasil pemampatan terhadap ukuran citra asli sebelum dimampatkan. Tabel 3 berikut akan menyajikan rasio pemampatan untuk berbagai citra dengan berbagai detil dan ukuran.

Tabel 3 Hasil rasio pemampatan untuk berbagai citra

Citra	Ukuran	Rasio Pemampatan
Putih.bmp	128 x 128	3,9917
Putih.bmp	256 x 256	3,9979
Lena.bmp	256 x 256	3,4904
Ascent.bmp	256 x 256	3,8797
Autum.bmp	256 x 256	3,1732
Pohon.bmp	256 x 512	2,5613
Eltel.bmp	1024 x 1024	3,9261

Dari Tabel 4 terlihat bahwa untuk citra yang sama (citra **Putih.bmp**), ternyata citra yang berukuran lebih besar, rasio pemampatannya lebih besar. Hal ini terjadi karena citra yang mempunyai jumlah piksel yang lebih banyak koefisien hasil alihragam *wavelet*-nya semakin kecil dan semakin seragam.

Dari Tabel 4 juga terlihat untuk citra dengan detil yang lebih seragam, yaitu citra **Ascent.bmp** diperoleh rasio pemampatan yang lebih besar dari citra dengan detil yang tidak terlalu seragam, misalnya citra **Pohon.bmp**. Hal ini terjadi karena koefisien detil alihragamnya lebih kecil dan lebih seragam. Jika koefisien detil yang diperoleh banyak yang bernilai kecil, akan memungkinkan pengenolan yang lebih banyak. Dan jika koefisien detilnya lebih seragam, ketika disandikan dengan sandi Huffman akan diperoleh sandi yang lebih mampat karena sandi Huffman akan menyandikan data yang kemunculannya banyak dengan sandi yang lebih pendek.

4.2.2 PSNR dan Indeks Kualitas

Umumnya untuk membandingkan citra asli dan citra yang telah diolah digunakan MSE (*Mean Square Error*), tetapi karena MSE bergantung pada jumlah piksel maka digunakan PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). Untuk pengukuran dengan indeks kualitas, akan diperoleh hasil dalam rentang [-1, 1]. Harga terbaik diperoleh ketika nilai indeks kualitas adalah 1. Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran kualitas citra.

Tabel 4 Pengukuran kualitas citra

Citra	PSNR	Indeks kualitas
Ascent.bmp (256 x 256)	34,8158 dB	0,9921
Lena.bmp (256 x 256)	30,7869 dB	0,9879
Autum.bmp (256 x 256)	27,7369 dB	0,9643
Pohon.bmp (256 x 512)	30,3676 dB	0,9900
Eltel.bmp (1024 x 1024)	30,2329 dB	0,9913

Hasil pengukuran kualitas citra untuk pemampatan data citra dengan alihragam *wavelet* Haar pada tugas akhir ini memberikan hasil yang cukup baik, terlihat dengan nilai indeks kualitas citra yang mendekati 1. Untuk pengukuran dengan PSNR (citra **Pohon.bmp** dan **Eltel.bmp**), ternyata ketika PSNR-nya lebih besar

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

(citra **Pohon.bmp**) tidak berarti indeks kualitasnya lebih besar. Hal ini terjadi karena pada perhitungan PSNR besarnya sinyal maksimum R adalah 255 bukan dari nilai sinyal maksimum yang sebenarnya pada data citra.

4.2.3 Dekomposisi dan Rekonstruksi

Proses dekomposisi dan rekonstruksi pada program bantu tugas akhir adalah dekomposisi dan rekonstruksi penuh, sehingga untuk masing-masing Y, I, dan Q hasil dari proses dekomposisi adalah 1 nilai berupa rata-rata dari semua data citra dan data citra yang lain adalah koefisien detil (selisih) dari data citra.

Tabel 5 berikut menampilkan perbandingan rasio pemampatan dan indeks kualitas ketika program pemampat citra hanya menggunakan metode penyandian Huffman tanpa menggunakan alihragam *wavelet* Haar dengan rasio pemampatan dan indeks kualitas ketika program menggunakan alihragam *wavelet* Haar dan penyandian Huffman.

Tabel 5 Perbandingan rasio pemampatan.

Citra	Tanpa Alihragam <i>Wavelet</i> Haar		Dengan Alihragam <i>Wavelet</i> Haar	
	Rasio Pemampatan	Indeks Kualitas	Rasio Pemampatan	Indeks kualitas
Lena.bmp	1,0329	1	3,4904	0,9879
Ascent.bmp	1,0137	1	3,8797	0,9921
Autum.bmp	1,0507	1	3,1732	0,9643
Pohon.bmp	1,0578	1	2,5613	0,9900
Eltel.bmp	1,0715	1	3,9261	0,9913

Dari Tabel 5 terlihat bahwa dengan menggunakan alihragam *wavelet* Haar dan penyandian Huffman dihasilkan rasio pemampatan yang jauh lebih kecil dibandingkan sistem pemampat yang hanya menggunakan metode penyandian Huffman saja. Hal ini terjadi karena adanya kecenderungan nilai detil (selisih nilai antara 2 piksel) hampir seragam dan lebih kecil (memungkinkan pengenolan yang lebih banyak), sehingga penyandian nilai detil ini menyebabkan berkas menjadi lebih mampat. Tetapi, indeks kualitas yang diperoleh lebih kecil dari sistem yang hanya menggunakan metode penyandian Huffman (diperoleh indeks kualitas = 1, karena merupakan jenis pemampatan tak berugi). Tetapi karena indeks kualitas yang dihasilkan masih mendekati nilai 1, maka alihragam *wavelet* Haar ini tetap boleh digunakan.

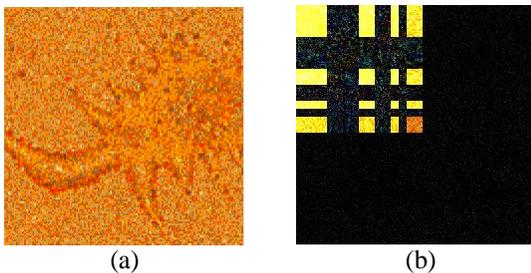
Lebih lanjut akan dibahas mengenai pengaruh aras dekomposisi dengan membandingkan pengukuran unjuk kerja sistem pemampat dengan beberapa level dekomposisi. Tabel 6 berikut menampilkan pengaruh perubahan aras dekomposisi citra **Lena.bmp** (256 x 256 piksel).

Tabel 6 Pengaruh level dekomposisi pada unjuk kerja sistem

Aras Dekomposisi	Rasio Pemampatan	PSNR (dB)	Indeks Kualitas
Dekomposisi 2x	3,3985	31,2146	0,9892
Dekomposisi 3x	3,4593	31,0247	0,9886
Dekomposisi 4x	3,4741	30,9162	0,9883
Dekomposisi penuh	3,4904	30,7869	0,9879

Dari Tabel 6 terlihat bahwa ketika level dekomposisi semakin besar maka kualitas citra hasil pemampatan semakin kecil dengan semakin menurunnya nilai indeks kualitas dan PSNR. Tetapi dengan semakin besarnya level dekomposisi diperoleh rasio pemampatan yang semakin besar. Hal ini terjadi karena apabila aras dekomposisi besar maka koefisien detil hasil alihragam yang diperoleh semakin kecil dan lebih seragam.

Proses dekomposisi dan rekonstruksi dengan alihragam *wavelet* Haar adalah dengan menghitung data secara berpasang-pasangan, jadi diperlukan data dengan jumlah 2^N , dengan N adalah bilangan bulat. Oleh karena itu pada tugas akhir ini program bantu akan berjalan dengan baik jika citra masukan yang akan dimampatkan mempunyai ukuran $2^N \times 2^M$. Gambar 4 berikut menampilkan hasil pemampatan untuk citra **Paintingsmall.bmp** (240 x 240 piksel), disajikan dalam ukuran 120 x 120 piksel.



Gambar 4 Rekonstruksi citra yang tidak berukuran $2^N \times 2^M$ (a) Gambar asli citra **Paintingsmall.bmp** (240 x 240 piksel) (b) Gambar rekonstruksi citra **Paintingsmall.bmp** (240 x 240 piksel).

Gambar 4 di atas menunjukkan kualitas citra pemampatan yang jelek. Hal ini terjadi karena ketika ukuran citra tidak dengan ukuran $2^N \times 2^M$ akan terdapat koefisien yang tidak terhitung karena tidak ada pasangannya.

4.2.4 Kuantisasi dan Dekuantisasi

Kuantisasi secara sederhana merupakan proses untuk mengurangi jumlah bit yang dibutuhkan untuk menyimpan sebuah nilai bilangan bulat. Tabel 7 berikut menunjukkan perbandingan unjuk kerja sistem dengan dan tanpa kuantisasi.

Tabel 7 Perbandingan unjuk kerja sistem dengan dan tanpa kuantisasi.

Metode Kuantisasi	Rasio Pemampatan	PSNR (dB)	Indeks Kualitas
Langsung dibulatkan	7,8744	20,9151	0,8955
Perkalian bilangan	3,4904	30,2487	0,9866
Tanpa kuantisasi	1,2822	32,0617	0,9906

Dari Tabel 7 di atas terlihat bahwa dengan adanya kuantisasi, diperoleh rasio pemampatan yang lebih besar. Tetapi indeks kualitas yang diperoleh lebih kecil, hal ini terjadi karena adanya informasi yang hilang saat pembulatan. Ketika data langsung dibulatkan, diperoleh

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro
 ** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

rasio pemampatan yang besar tapi indeks kualitasnya paling kecil. Hal ini terjadi karena banyak sekali informasi yang hilang, sehingga pada TA ini digunakan kuantisasi dengan perkalian bilangan 10 atau 100.

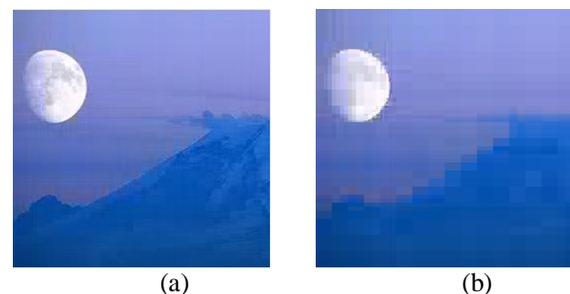
4.2.5 Zeroing

Dengan *zeroing* diharapkan akan semakin banyak koefisien hasil dekomposisi yang bernilai nol, sehingga setelah melalui proses penyandian Huffman akan diperoleh jumlah bit hasil penyandian yang lebih sedikit..

Tabel 8 Perbandingan unjuk kerja sistem dengan dan tanpa *zeroing*.

Gambar	Tanpa <i>zeroing</i>	Dengan <i>zeroing</i>
Ascent.bmp (256 x 256)	Rasio pemampatan : 3,9568 PSNR : 35,93 dB Indeks kualitas : 0,9942	Rasio pemampatan : 3,8797 PSNR : 34,8158 dB Indeks kualitas : 0,9921
Autum.bmp (256 x 256)	Rasio pemampatan : 3,0658 PSNR : 29,3678 dB Indeks kualitas : 0,9780	Rasio pemampatan : 3,1732 PSNR : 27,7369 dB Indeks kualitas : 0,9643
Pohon.bmp (256 x 512)	Rasio pemampatan : 1,8636 PSNR : 45,3399 dB Indeks kualitas : 0,9997	Rasio pemampatan : 2,5613 PSNR : 30,3676 dB Indeks kualitas : 0,9900
Eltel.bmp (1024x 1024)	Rasio pemampatan : 3,6019 PSNR : 41,1609 dB Indeks kualitas : 0,9999	Rasio pemampatan : 3,9261 PSNR : 30,2329 dB Indeks kualitas : 0,9913

Tabel 8 menunjukkan bahwa sistem pemampatan dengan menggunakan proses *zeroing* akan memperkecil ukuran data citra termampat, ini ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai rasio pemampatan. Tetapi kualitas citra termampat menurun, ini ditunjukkan dengan semakin kecilnya nilai indeks kualitas citra dan PSNR. Gambar 5 berikut akan menyajikan perbedaan kualitas citra rekonstruksi jika nilai ambang *zeroing* dirubah untuk citra **Ascent.bmp**, disajikan dalam ukuran 128 x 128 piksel.



Gambar 5 Perbandingan citra rekonstruksi karena perubahan nilai Y (a) Hanya I dan Q yang diperbesar (b) Y, I, dan Q diperbesar

Dari Gambar 5 terlihat bahwa perubahan nilai Y lebih berpengaruh terhadap kualitas citra yang diperoleh. Hal ini terjadi karena mata manusia lebih peka terhadap

perubahan luminans/kecerahan daripada perubahan koefisien kromatis/warna citra.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Rasio pemampatan pada sistem pemampat citra yang menggunakan alihragam *wavelet* Haar dengan penyandian Huffman lebih besar jika dibandingkan sistem pemampat yang hanya menggunakan metode penyandian Huffman.
2. Dengan menggunakan alihragam *wavelet* Haar dan metode penyandian Huffman diperoleh ukuran kualitas citra yang bagus, baik PSNR maupun indeks kualitasnya. Nilai PSNR yang diperoleh ± 30 dB, sedangkan nilai indeks kualitas yang diperoleh mendekati 1.
3. Untuk citra dengan detil yang seragam diperoleh rasio pemampatan yang lebih besar, sedangkan untuk citra yang mempunyai detil tidak seragam diperoleh rasio pemampatan yang lebih kecil.
4. Untuk citra yang sama yang diperbesar sehingga jumlah pikselnya bertambah diperoleh rasio pemampatan yang semakin besar.
5. Semakin besar aras dekomposisi maka rasio pemampatan yang dihasilkan semakin besar, tetapi ukuran kualitas citra semakin kecil.
6. Dengan menggunakan alihragam *wavelet* Haar baku diperoleh hasil yang jelek untuk citra yang tidak berukuran $2^N \times 2^M$ piksel, dengan N dan M adalah bilangan bulat positif.
7. Besarnya nilai ambang untuk koefisien Y akan sangat berpengaruh terhadap kualitas citra rekonstruksi, jika nilai ambang Y besar akan dihasilkan kualitas citra rekonstruksi yang jelek.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Perlu pengembangan lebih lanjut terhadap program aplikasi ini agar dapat digunakan untuk memampatkan citra berapapun ukuran citra, misalnya dengan membagi-bagi citra menjadi ukuran 8×8 piksel, seperti pada proses kuantisasi standar JPEG.
2. Perlu pengembangan lebih lanjut pada saat kuantisasi, sehingga diperoleh koefisien hasil kuantisasi yang mempunyai jumlah bit memori yang kecil, misalnya tetap 8 bit.
3. Perlu penelitian lanjutan dengan menggunakan metode penyandian yang lain, misalnya aritmatika, *embedded zero-tree*, dan yang lain. Juga perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis *wavelet* yang lain, misalnya *wavelet* Simlet. Selanjutnya hasilnya dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan, agar diperoleh algoritma yang paling efektif untuk pemampatan citra.

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Burrus, C.S., R.A., Gopinath and H.Guo, *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*, Prentice Hall. Inc. New Jersey, 1998.
- [2]. Jain, A.K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall of India, New Delhi, 1989.
- [3]. Kadir, A., *Panduan Pemrograman Visual C++*, Andi, Yogyakarta, 2004.
- [4]. Nasution, E. dan Indra Yatini B, *Algoritma dan Struktur Data dengan C++*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [5]. Nelson, Mark and J.L. Gailly, *The Data Compression Book Second Edition*, M&T Books, New York, 1996.
- [6]. Stolnitz, Eric J., *Wavelet For Computer Graphic*, Morgan Kaufman Publisher, Inc., 1996.
- [7]. Rahmawati, Indah, *Pemampatan Data Citra Digital Aras Keabuan dengan Alihragam Wavelet Paket Melalui Penyandian Huffman Menggunakan Delphi*, Skripsi Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.

BIODATA MAHASISWA



Yuli Astriani (L2F000654) dilahirkan di Temanggung, 4 April 1982. Menempuh pendidikan di MI Muhammadiyah 1 Danurejo lulus tahun 1994, kemudian melanjutkan ke SLTPN 1 Temanggung lulus tahun 1997, dilanjutkan lagi di SMUN 1 Temanggung lulus tahun 2000, dan sampai saat ini masih menyelesaikan studi S1 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

Tanggal

Pembimbing II

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

NIP. 132 288 515

Tanggal.....