

# ANALISIS TRANSFORMASI BALIK CITRA IRIS MENGGUNAKAN WAVELET HAAR BERDASARKAN FAKTOR RETENSI KOEFISIEN WAVELET

Agung Wicaksono, R. Rizal Isnanto, and Achmad Hidayatno

Jurusan teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

## Abstract

Wavelet is one method that can be used as a step to recognition an individual. Wavelet is used to perform an image feature extraction. In the process of image texture analysis, showed the value of the coefficients of a wavelet. The magnitude of the coefficients obtained using wavelet feature extraction is influenced by several factors. Besides affected by the type of wavelet used, is also influenced by the magnitude of the wavelet decomposition level of itself. In the wavelet is known as the wavelet energy retention, which means the number of retained energy after undergoing a process of decomposition and cutting coefficients. During the decomposition process, the calculation for texture analysis is often a constraint. In order for the current calculation lighter texture analysis, necessary to the process of cutting coefficients based on the retention factor of the wavelet coefficients. Based on these issues, created a program to analyze the influence of variations in the level of wavelet decomposition and coefficient of variation coefficient of cutting a cut on the image. The object of this final project is 30 iris image that has been converted into polar form presented. Having experienced the process of cutting coefficients, to prevent the image of the reverse transformation has a big difference to the original image, in this study was calculated Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), and Euclidean distance to determine the level of similarity of image input and output images. The Highest values of Retention, MSE and the Euclidean distance is obtained at the level of decomposition of 1 and the lowest at the level of decomposition 6. While the truncated coefficient and PSNR values obtained at the highest level of decomposition of 6 and the lowest level of decomposition of 6. The variation coefficient of pieces, value retention and highest PSNR obtained at koefisien piece 5 and the lowest coefficient of 50 pieces. While the coefficient value is truncated, MSE and the highest Euclidean distance is obtained at koefisien pieces 50 and the lowest coefficient of 5 pieces.

*Keywords: iris, texture analysis, Haar wavelet transform, MSE, PSNR, Euclidean distance*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam bidang kedokteran, penginderaan jauh, meteorologi dan geofisika, robotika, dan lain-lain membutuhkan alat/kamera yang bisa digunakan untuk merekam keadaan yang diperlukan untuk kebutuhan analisis sehingga memungkinkan peneliti mendapatkan informasi yang diperlukan. Keluaran alat-alat ini biasanya berupa citra. Citra inilah yang nantinya akan dianalisis untuk mendapatkan informasi yang berguna.<sup>[1]</sup>

Iris atau selaput pelangi adalah bagian dari mata yang melingkari lingkaran pupil. Walaupun iris memiliki wilayah yang sangat kecil dibanding dengan luas dari tubuh manusia, iris memiliki pola yang sangat unik, berbeda pada tiap individu dan pola itu akan tetap stabil.<sup>[6]</sup>

Dalam pengolahan citra digital, data dan informasi adalah dua hal yang berbeda. Pada data terkandung suatu informasi. Namun tidak semua bagian data terkait dengan

informasi tersebut atau pada suatu data terdapat bagian-bagian data yang berulang untuk mewakili informasi yang sama. Bagian data yang berulang ini disebut dengan data yang berlebihan. Oleh sebab itu tujuan dari kompresi data adalah untuk mengurangi data berlebihan tersebut sehingga ukuran data menjadi lebih kecil dan lebih mudah dalam proses selanjutnya.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk menganalisis rekonstruksi citra iris menggunakan *wavelet* Haar berdasarkan faktor retensi koefisien *wavelet*.

### 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka Penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut :

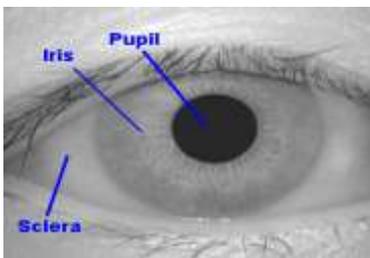
1. Citra yang digunakan adalah citra iris mata hasil akuisisi dari citra orang Indonesia.

2. Citra yang digunakan sebagai masukan program utama adalah citra iris yang telah diubah kedalam bentuk terpapar.
3. Metode untuk mengubah kedalam format aras keabuan adalah metode `rgb2gray`.
4. Penelitian dikhususkan pada penggunaan alihragam *wavelet* Haar sebagai pengekstraksi ciri.
5. Metode perbandingan antara citra masukan dan citra keluaran yang digunakan adalah menggunakan MSE, PSNR dan metode jarak Euclidean ternormalisasi.
6. Perangkat yang dipakai dalam penelitian ini adalah Matlab R2008b.
7. Perangkat lunak yang dihasilkan adalah untuk membantu dalam menganalisis pemotongan koefisien dari suatu citra.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Iris Mata

Iris atau selaput pelangi pada mata dapat dijadikan sebagai basis sistem biometrik. Setiap iris memiliki tekstur yang amat rinci dan unik untuk setiap orang serta tetap stabil berpuluh-puluh tahun. Letaknya yang terlindung di belakang kornea (selaput bening) membuat iris terlindung dari kerusakan-kerusakan atau perubahan luar. Bagian mata ini tidak dapat diubah melalui pembedahan tanpa menimbulkan kerusakan pada penglihatan. Gambar 2.1 menunjukkan gambar mata manusia.<sup>[6]</sup>



Gambar 2.1 Gambar mata manusia

### 2.2 Wavelet

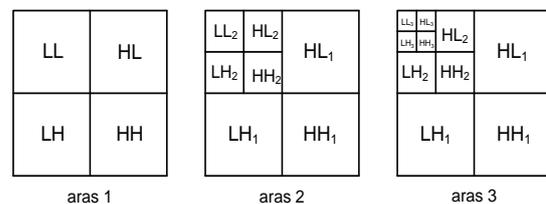
*Wavelet* merupakan gelombang mini (*small wave*) yang mempunyai kemampuan mengelompokkan energi citra dan terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien, sedangkan kelompok koefisien lainnya hanya mengandung sedikit energi yang dapat dihilangkan tanpa mengurangi nilai informasinya.

### 2.3 Wavelet Haar<sup>[10]</sup>

Jenis *wavelet* yang digunakan adalah *wavelet* Haar. Haar adalah *wavelet* paling tua dan paling sederhana, diperkenalkan oleh Alfred Haar pada tahun 1909. Haar telah menjadi sumber ide bagi munculnya keluarga *wavelet* lainnya seperti Daubechies dan lain sebagainya.

### 2.4 Dekomposisi Citra<sup>[7]</sup>

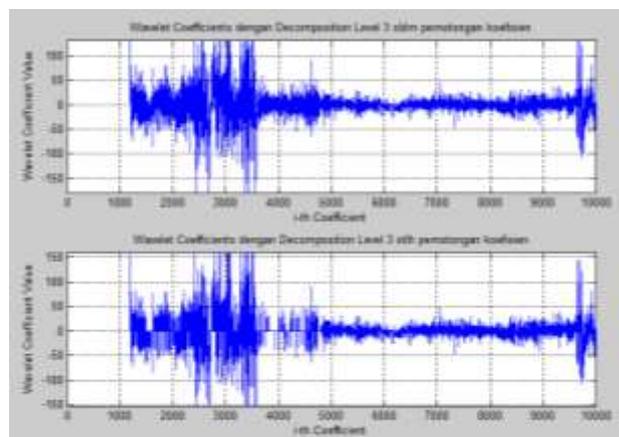
Alihragam *wavelet* terhadap citra adalah menapis citra dengan tapis *wavelet*. Hasil dari penapisan ini adalah 4 subbidang citra dari citra asal, keempat subbidang citra ini berada dalam kawasan *wavelet*. Keempat subbidang citra ini adalah pelewat rendah-pelewat rendah (LL), pelewat rendah-pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi-pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi-pelewat tinggi (HH). Proses ini disebut dekomposisi, dekomposisi dapat dilanjutkan kembali dengan citra pelewat rendah-pelewat rendah (LL) sebagai masukannya untuk mendapatkan tahap dekomposisi selanjutnya. Gambar 2.2 menunjukkan suatu citra dekomposisi dari aras 1 sampai aras 3.



Gambar 2.2 Diagram dekomposisi citra

### 2.5 Retensi Energi pada *Wavelet*<sup>[6]</sup>

Retensi energi pada *wavelet* adalah banyaknya energi yang dipertahankan setelah melalui proses pemotongan koefisien dari suatu *wavelet*. Pada penelitian ini, retensi energi sendiri digunakan untuk mengetahui seberapa besar hasil pemadatan energi yang dilakukan pada suatu citra. Pemadatan Energi dapat ditentukan dari jumlah koefisien yang tidak signifikan, sehingga dapat dipotong. Koefisien yang tidak signifikan adalah koefisien bernilai 0 atau yang cukup kecil untuk bisa dipotong. Semakin banyak koefisien nol yang diperoleh, maka akan lebih banyak energi yang hilang dari suatu citra tersebut. Gambar 2.3 menunjukkan citra sebelum dan sesudah pemotongan koefisien dengan dekomposisi pada aras 3.



Gambar 2.11 Hasil pemotongan koefisien suatu citra pada dekomposisi aras 3

**2.6 Jarak Euclidean Ternormalisasi (Normalized Euclidean Distance)**

Euclidean distance atau jarak Euclidean adalah metrika yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan 2 vektor. Jarak Euclidean menghitung akar dari kuadrat perbedaan 2 vektor. Nilai vektor ciri suatu citra masukan yang memiliki nilai vektor ciri yang sama dengan vektor ciri citra setelah pengolahan akan memiliki nilai jarak Euclidean yang mendekati nol. Misal nilai vektor ciri masukan citra  $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  nilai vektor ciri citra setelah pengolahan adalah  $B = (B_1, B_2, \dots, B_n)$ , jarak Euclidean antara nilai vektor ciri citra masukan dan nilai vektor ciri citra setelah pengolahan dinyatakan oleh :

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(A_i - B_i)^2}{A_i}}$$

dengan:

$D(A, B)$  Jarak Euclidean antara gambar  $A$  dan  $B$

$A$  = Vektor ciri citra masukan

$B$  = Vektor ciri citra hasil pengolahan

$n$  = panjang vektor (jumlah ciri tekstural) vektor  $A$  dan vektor  $B$

**2.7 Peak Signal-To-Noise Ratio (PSNR)**

Peak Signal-to-Noise Ratio atau lebih sering disebut PSNR merupakan istilah untuk perbandingan antara daya maksimum yang terdapat pada suatu sinyal dan derau atau gangguan yang dapat merusak suatu sistem. PSNR biasanya dinyatakan dalam skala desibel logaritmik.

PSNR ini paling sering digunakan sebagai ukuran kualitas dari suatu rekonstruksi hasil kompresi, misalnya untuk kompresi gambar. PSNR membandingkan hasil kompresi sebagai pendekatan untuk mengetahui kualitas hasil rekonstruksi. Dalam penelitian ini, menggunakan rumus PSNR sebagai berikut :

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

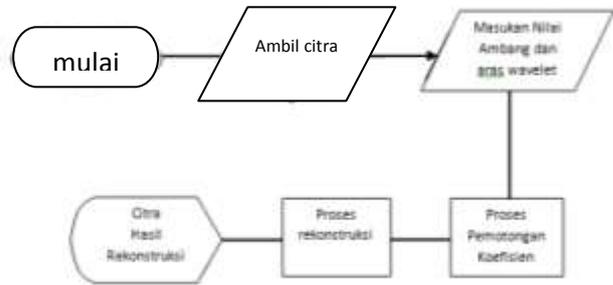
**2.8 MSE**

Mean Squared Error (MSE) adalah satu dari banyak cara untuk mengukur perbedaan antara nilai-nilai yang sesuai dengan nilai yang diharapkan dari hilangnya kesalahan kuadrat atau kerugian kuadrat. MSE mengukur rata-rata kuadrat dari kesalahan. Perbedaannya terjadi karena keacakan atau karena estimator tidak menjelaskan informasi yang dapat menghasilkan perkiraan yang lebih akurat. Dalam program ini, rumus MSE yang digunakan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2$$

**3. Perancangan Perangkat Lunak**  
**3.1 Diagram Alir Perangkat Lunak**

Alur sistem pengenalan iris mata dapat dilihat pada diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem menggunakan alihragam wavelet Haar**

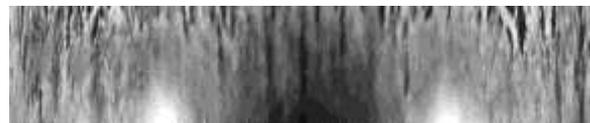
Secara garis besar, proses-proses tersebut dikelompokkan pada lima proses utama yaitu :

1. Pemilihan citra masukan yang berupa citra mata kemudian mengambil citra irisnya.
2. Akuisisi citra dan pengolahan awal untuk mengambil karakteristik tekstur iris mata.
3. Menentukan koefisien potong dan aras dekomposisi.
4. Ekstraksi ciri menggunakan pencirian alihragam wavelet Haar.
5. Pemotongan koefisien citra dan mentransformasi balik citra iris yang telah dipotong koefisiennya.

**3.2 Perancangan Perangkat Lunak**

**3.2.1 Akuisisi Citra dan Pengolahan Awal**

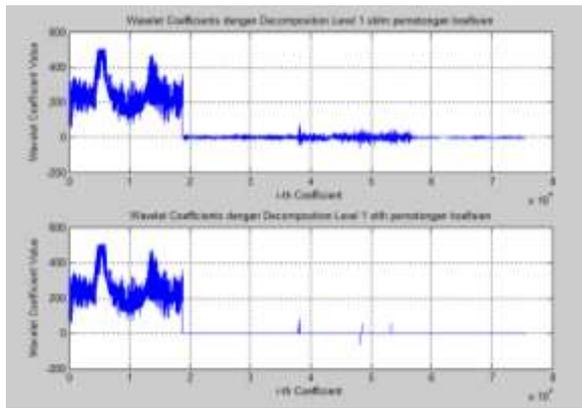
Citra iris mata yang digunakan pada Penelitian ini yaitu citra iris mata orang Indonesia. Citra iris mata dalam bentuk citra berwarna dengan format ekstensi \*.jpg, dengan ukuran 640x480 piksel. Pengambilan citra iris mata dilakukan setelah mengakuisisi citra mata, selanjutnya citra iris polar dijadikan kedalam bentuk terpapar, seperti pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Citra iris dalam bentuk terpapar**

**3.2.2 Proses Pemotongan Koefisien**

Sebelum proses pemotongan koefisien terlebih dulu harus menentukan besarnya koefisien potong dan juga besarnya aras dekomposisi. Setelah ini proses pemotongan koefisien dilakukan, Gambar 3.2 menunjukkan perbandingan koefisien wavelet dari suatu citra sebelum dan sesudah pemotongan.



Gambar 3.2 Perbandingan koefisien *wavelet* dari suatu citra sebelum dan sesudah pemotongan

#### 4. Pengujian dan Analisis

##### 4.1 Analisis Pengaruh Koefisien Potong Tetap terhadap Variasi Aras Dekomposisi

Pengujian ini menggunakan variasi parameter aras dekomposisi alihragam *wavelet* Haar dan koefisien potong, Tabel 4.1 merupakan salah satu contoh pengujian terhadap 30 citra uji dengan koefisien potong sebesar 50 dan aras dekomposisi 1.

Tabel 4.1 Hasil contoh percobaan pemotongan koefisien dari 30 iris mata dengan besar koefisien retensi 50 menggunakan *wavelet* Haar pada aras dekomposisi 1.

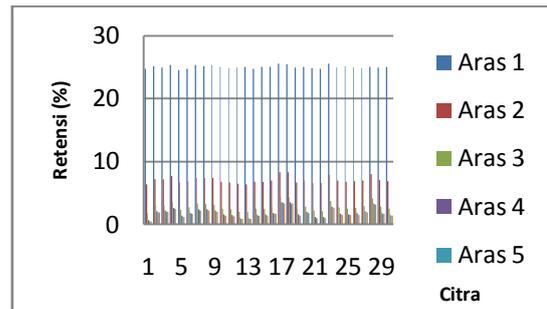
N	Citra	Retens	Koefisien	MSE	PSNR	Euclidean
1	001_5p	24.731	75.268	12,29	37,234	5,098
2	002_2p	25.117	74.882	46,80	31,427	6,368
3	003_4p	24.92	75,079	42,64	31,831	6,63
4	004_3p	25.332	74.668	59,97	30,35	7,663
5	005_6p	24.501	75.498	21,65	34,774	4,977
6	006_2p	24.754	75.246	36,83	32,467	5,092
7	007_5p	25.359	74.64	50,92	31,061	5,77
8	008_6p	25.109	74.89	51,38	31,022	6,093
9	009_5p	25.379	74.62	48,33	31,287	6,956
10	010_4p	25.033	74.966	29,66	33,407	4,073
11	011_3p	24.808	75.191	27,95	33,665	3,974
12	012_2p	24.945	75.054	13,55	36,808	3,21
13	013_4p	24.99	75.009	10,76	37,809	2,928
14	014_1p	24.685	75.314	30,15	33,336	4,724
15	015_2p	25.039	74.96	33,27	32,909	4,655
16	016_5p	25.025	74.974	31,99	33,08	5,237
17	017_3p	25.534	74.465	79,93	29,103	8,18
18	018_1p	25.44	74.559	74,52	29,408	7,989
19	019_5p	24.936	75.063	27,47	33,741	3,734
20	020_2p	25.046	74.953	41,45	31,954	4,893
21	021_3p	24.833	75.166	19,43	35,246	3,786
22	022_2p	24.75	75.25	19,44	35,243	3,993
23	023_3p	25.537	74.463	60,60	30,305	5,938
24	024_5p	24.973	75.026	35,33	32,648	5,615
25	025_4p	25.112	74.887	29,16	33,481	4,98
26	026_1p	24.931	75.068	34,80	32,714	4,415
27	027_2p	24.871	75.128	42,89	31,806	5,793
28	028_2p	25.062	74.937	68,90	29,748	7,016
29	029_1p	24.973	75.026	35,29	32,654	4,197
30	030_1p	25.063	74.936	28,00	33,658	3,251
<b>Rata-</b>		<b>25.026</b>	<b>74.972</b>	<b>38.18</b>	<b>32.805</b>	<b>5.240</b>

Setelah melakukan variasi pemotongan koefisien dengan koefisien potong 50, 25 dan 5 serta aras dekomposisi dari 1-6 didapatkan beberapa grafik yang menggambarkan pengaruh perubahan aras dekomposisi dan pengaruh

perubahan koefisien potong. Berikut merupakan contoh grafik nilai perhitungan retensi, koefisien potong, MSE, PSNR dan jarak Euclidean terhadap variasi aras dekomposisi.

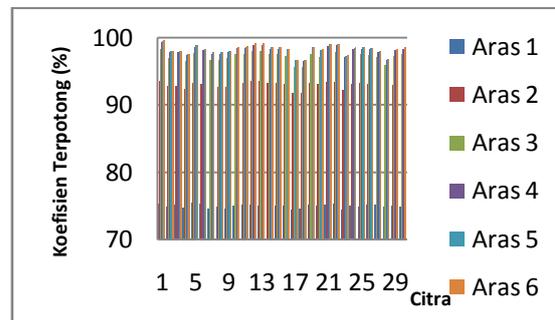
##### 4.1.1 Pengujian Pemotongan Koefisien 50

Gambar 4.1 merupakan Grafik nilai retensi pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50



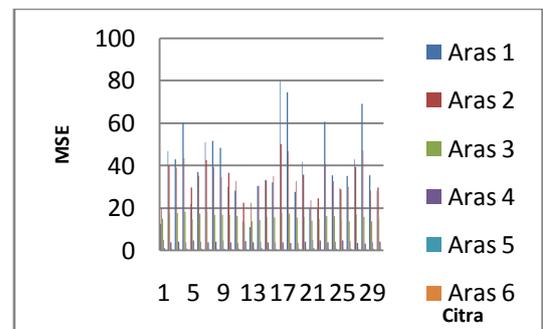
Gambar 4.1 Grafik nilai retensi pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50

Gambar 4.2 merupakan Grafik nilai koefisien terpotong pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50



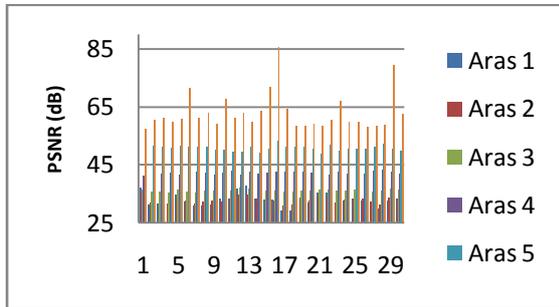
Gambar 4.2 Grafik nilai koefisien terpotong pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50

Gambar 4.3 merupakan Grafik nilai MSE pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50



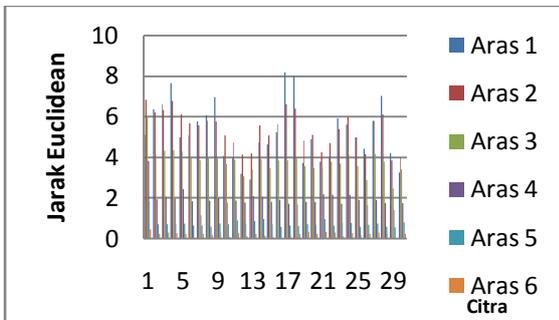
Gambar 4.3 Grafik nilai MSE pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50

Gambar 4.4 merupakan Grafik nilai PSNR pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50



Gambar 4.4 Grafik nilai PSNR pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50

Gambar 4.5 merupakan Grafik nilai Jarak Euclidean pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50



Gambar 4.5 Grafik nilai Jarak Euclidean pada dekomposisi aras 1-6 dengan koefisien potong 50

Dari grafik-grafik mulai dari Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.5 dapat diambil kesimpulan untuk koefisien potong yang tetap dengan variasi aras dekomposisi terhadap nilai retensi, koefisien terpotong, MSE, PSNR, dan Jarak Euclidean.

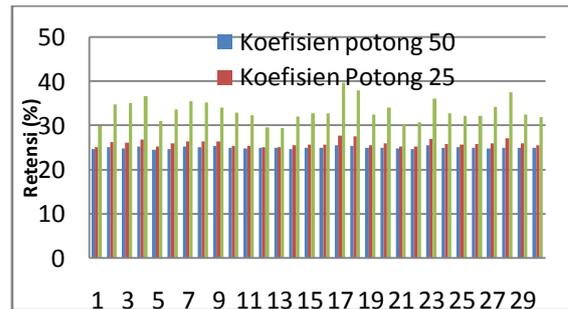
- 1 Untuk koefisien potong yang tetap, semakin tinggi aras dekomposisi maka nilai retensi dari koefisien waveletnya adalah semakin kecil.
- 2 Untuk koefisien potong yang tetap, semakin tinggi aras dekomposisi maka semakin besar nilai koefisien terpotong yang dihasilkan.
- 3 Untuk koefisien potong yang tetap, semakin tinggi aras dekomposisi maka akan semakin rendah nilai MSE yang diperoleh.
- 4 Untuk koefisien potong yang tetap, semakin tinggi aras dekomposisi maka semakin besar nilai hasil perhitungan PSNR yang dihasilkan.
- 5 Pada koefisien potong tetap, semakin tinggi aras dekomposisi maka jarak Euclidean semakin kecil.

Setelah menganalisis untuk koefisien potong yang tetap terhadap variasi aras dekomposisi. Langkah selanjutnya

adalah menganalisis pengaruh variasi koefisien potong terhadap aras dekomposisi yang tetap.

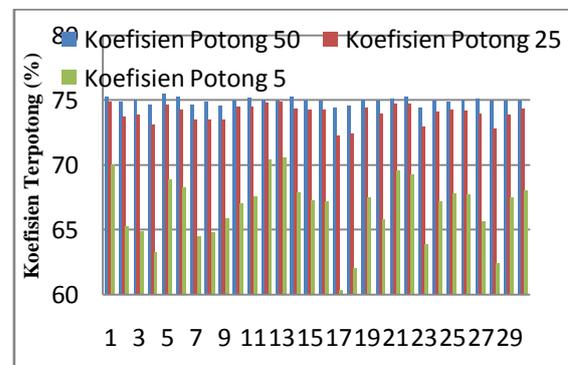
#### 4.2 Analisis Pengaruh Variasi Koefisien Potong terhadap Aras Dekomposisi yang Tetap

Variasi koefisien potong dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai retensi. Hasil retensi terhadap faktor koefisien potong yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.6.



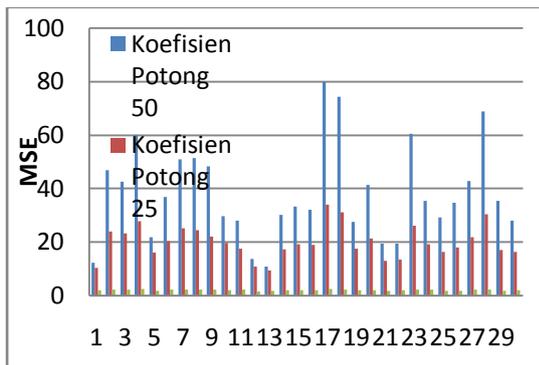
Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai retensi pada dekomposisi aras 1 dengan koefisien potong 50,25 dan 5

Variasi koefisien potong dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai koefisien terpotong. Hasil koefisien terpotong terhadap faktor koefisien potong yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.7.



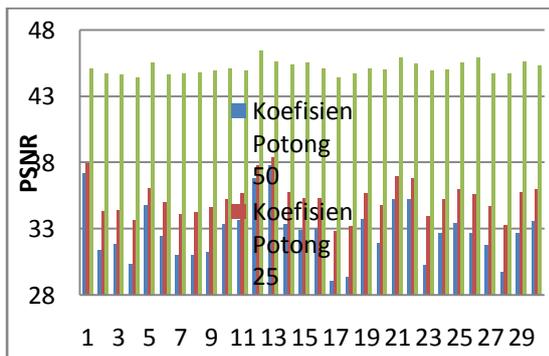
Gambar 4.7 Grafik perbandingan nilai koefisien terpotong pada dekomposisi aras 1 dengan koefisien potong 50,25 dan 5

Variasi koefisien potong dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai MSE. Hasil MSE terhadap faktor koefisien potong yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.8.



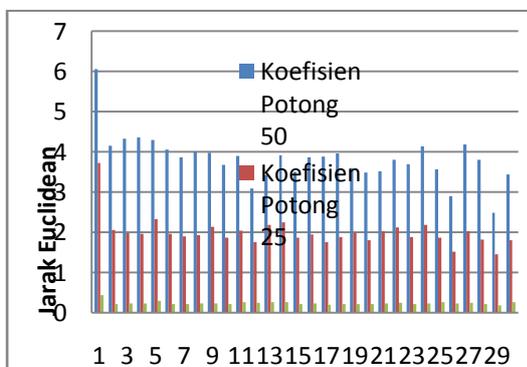
Gambar 4.8 Grafik perbandingan nilai MSE pada dekomposisi aras 1 dengan koefisien potong 50,25 dan 5

Variasi koefisien potong dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai PSNR. Hasil PSNR terhadap faktor koefisien potong yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai PSNR pada dekomposisi aras 1 dengan koefisien potong 50,25 dan 5

Variasi koefisien potong dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai Jarak Euclidean. Hasil Jarak Euclidean terhadap faktor koefisien potong yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.10.



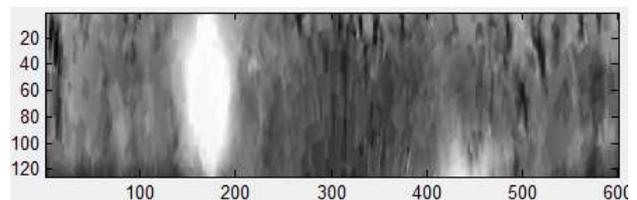
Gambar 4.10 Grafik perbandingan nilai jarak Euclidean pada dekomposisi aras 3 dengan koefisien potong 50,25 dan 5

Dari grafik pada Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.10 dapat disimpulkan pengaruh variasi koefisien potong dengan aras dekomposisi yang tetap terhadap nilai retensi, koefisien terpotong, MSE, PSNR, dan Jarak Euclidean.

1. Pada aras dekomposisi yang tetap, semakin tinggi nilai koefisien potong maka nilai retensi yang diperoleh semakin kecil.
2. Untuk aras dekomposisi yang sama, semakin tinggi koefisien potong maka koefisien terpotong yang dihasilkan semakin besar.
3. pada aras dekomposisi yang tetap, semakin tinggi koefisien potong semakin besar nilai MSE yang diperoleh.
4. Pada aras dekomposisi yang tetap, semakin tinggi nilai koefisien potong maka hasil perhitungan nilai PSNR yang diperoleh semakin besar.
5. pada aras dekomposisi yang tetap, semakin tinggi koefisien potong maka nilai hasil perhitungan Jarak Euclidean semaiKn tinggi.

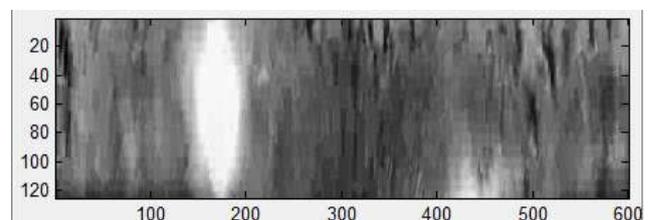
### 4.3 Analisis Hasil Citra Rekonstruksi terhadap Koefisien Potong

Dari penelitian dapat diamati citra sebelum dilakukan proses pemotongan koefisien dan setelah mengalami proses pemotongan koefisien, Gambar 4.11 menunjukkan citra iris sebelum mengalami proses pemotongan.



Gambar 4.11 Gambar citra iris awal sebelum pemotongan koefisien

Dan pada Gambar 4.12 menunjukkan contoh citra iris hasil rekonstruksi dengan koefisien potong sebesar 50



Gambar 4.12 Gambar citra iris hasil rekonstruksi dengan koefisien potong 50

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Nilai retensi tertinggi 39,675 diperoleh pada aras dekomposisi 1 dengan koefisien potong 5 dan yang terendah 0,459 pada aras dekomposisi 6 dengan koefisien potong 50.
2. Nilai koefisien aproksimasi yang terpotong yang tertinggi 99,54 diperoleh pada aras dekomposisi 6 dengan koefisien potong 50 dan yang terendah 60,324 pada aras dekomposisi 1 dengan koefisien potong 5.
3. Nilai MSE tertinggi 79,935 diperoleh pada aras dekomposisi 1 dengan koefisien potong 50 dan yang terendah 0,00001 pada aras dekomposisi 6 dengan koefisien potong 5. Pada variasi koefisien potong, nilai MSE tertinggi 79,935 diperoleh pada koefisien potong 50 dan yang terendah 0,001 pada koefisien potong 5.
4. Nilai PSNR tertinggi 302,045 diperoleh pada aras dekomposisi 6 dengan koefisien potong 5 dan yang terendah 29,103 pada aras dekomposisi 1 dengan koefisien potong 50.
5. Nilai Jarak Euclidean tertinggi 7,989 diperoleh pada aras dekomposisi 1 dengan koefisien potong 50 dan yang terendah 0,002 pada aras dekomposisi 6 dengan koefisien potong 5.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian pemotongan koefisien citra berdasarkan dekomposisi menggunakan *wavelet* Haar pada aras dekomposisi 1-6, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan program ini sebagai program awal untuk melakukan pengenalan citra mata.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan hasil penelitian pemotongan koefisien citra terhadap pengembangan suatu citra.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan *wavelet* jenis lain seperti Daubechies, Symlet, Coiflet, dan lain sebagainya.

## Daftar Pustaka

- [1]. Sutoyo, T. Mulyanto, Edy. Suhartono, Vicent. Nurhayati, Oki Dwi. Wijanarto. 2009. "*Teori pengolahan citra digital*". Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [2]. Prihartono, T.D. 2011. "*Identifikasi Iris Mata Menggunakan Alihragam wavelet Haar*". Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.
- [3]. Putra, Darma. 2010. "*Pengolahan citra digital*". Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [4]. Kusuma, A.A. 2009. "*Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencirian Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan*". Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5]. Lees, Karen. 2002. "*Image Compression Using Wavelet*". Makalah Master of Computer Science (didownload tanggal 4 April 2012).
- [6]. Prasannakumar, Rajesh. Saxena, Priyank. Swaminathan, Rajesh. 2005. [http://www.scribd.com/doc/44395089/Image-](http://www.scribd.com/doc/44395089/Image-Compression-Using-Wavelet-Transforms)

- [7]. [thesis.binus.ac.id/Doc/Bab3Doc/2007-1-00287-IF-Bab%203.doc](http://thesis.binus.ac.id/Doc/Bab3Doc/2007-1-00287-IF-Bab%203.doc) (diakses tanggal 10 Mei 2012).
- [8]. Adams, Damien. Patterson, Halsey. 2006. "*The Haar Wavelet Transform: Compression and Reconstruction*".
- [9]. Murdiyanto, Arie. 2007. "*Ekstraksi Fitur Wajah Menggunakan Gabor wavelet*". Skripsi-S1, Universitas Indonesia.
- [10]. Hartanto, AD. 2012. "*pengenalan citra iris mata menggunakan alihragam wavelet daubechies orde 4*". Skripsi-S1, Universitas Diponegoro.
- [11]. [Article Peak Signal to Noise Ratio](http://en.wikipedia.org/wiki/PSNR)" <http://en.wikipedia.org/wiki/PSNR> (diakses tanggal 20 April 2012).
- [12]. [Article Mean Squared Error](http://en.wikipedia.org/wiki/MSE)" <http://en.wikipedia.org/wiki/MSE> (diakses tanggal 20 April 2012).