


PEN

 PERPUSTAKAAN	<b>MILIK PERPUSTAKAAN</b> UNIVERSITAS MITRA JAYA YOGYAKARTA
Diterima	26 NOV 2010
Inventarisasi	: 80/781 Hw. 11/pen/2010.
Klasifikasi	: FIS. 2433 / San / p
Subyek	: Satellite Engineering



# **LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING TAHUN 2**



## **PEMAMPATAN BASISDATA DAN PENGENALAN POLA CITRA SATELIT UNTUK DETEKSI DINI BENCANA ALAM**

**Tim Peneliti**

**Ir. Alb. Joko Santoso, MT  
Prof. Ir. F. Soesianto, B.Sc.E., Ph.D  
B.Yudi Dwiandiyanto, ST, MT**

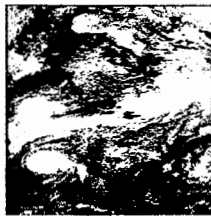
**Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen  
Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian  
Nomer 301/SP2H/PP/DP2M/IV/2010 Tanggal 12 April 2010**

**Perguruan Tinggi Pengusul**

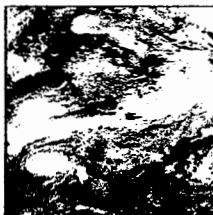
**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
November 2010**



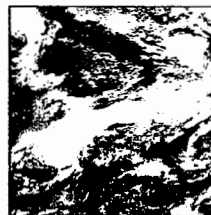
Gambar 3. Topan Andrew  
24 Agustus



Gambar 4. Topan Andrew  
25 Agustus



Gambar 5. Topan Andrew  
26 Agustus



Gambar 6. Topan Andrew  
27 Agustus



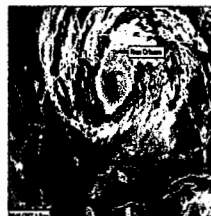
Gambar 7. Topan Gustav  
1 September  
(03.45GMT)



Gambar 8. Topan Gustav  
1 September  
(06.45GMT)



Gambar 9. Topan Gustav  
1 September  
(07.45GMT)



Gambar 10. Topan Gustav  
1 September  
(08.45GMT)



Gambar 11. Topan Gustav  
1 September  
(09.45GMT)



Gambar 12. Topan Gustav  
1 September  
(10.45GMT)



Gambar 13. Topan Gustav  
1 September  
(11.45GMT)



Gambar 14. Topan Gustav  
1 September  
(12.45GMT)

Langkah berikutnya adalah melakukan pemrosesan awal citra-citra tersebut dengan menggunakan gelombang-singkat (wavelet) Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4.

Metode yang dipakai untuk pengenalan pola citra uji adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Pertama kali citra input akan dibaca nilai warnanya. Kemudian akan dilakukan transformasi gelombang-singkat (Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4) terhadap citra input tersebut. Transformasi gelombang-singkat dilakukan sampai dengan level 4 sehingga citra hasil transformasi berukuran  $16 \times 16$  piksel. Kemudian dari matriks hasil transformasi gelombang-singkat tersebut akan dijadikan vektor dengan ukuran  $1 \times 256$ . Vektor inilah yang akan dilakukan pelatihan (pembelajaran).

Pada proses pelatihan dengan metode LVQ, pertama kali dibutuhkan inialisasi bobot awal jaringan. Pada program ini inialisasi bobot awalnya adalah vektor hasil transformasi dari pola citra uji. Untuk pola output hasil pengenalan akan ditampilkan berdasarkan atas hasil pengenalan (pembelajaran) yang diperoleh jaringan LVQ. Penentuan kelompok ditentukan berdasarkan algoritma aplikasi dari jaringan LVQ yang akan mencari kelas yang sesuai antara pola input dengan bobot yang tersimpan.

Pertama-tama dilakukan proses pembelajaran, yaitu dengan citra awal dan citra simulasi yang sama, hasil yang diharapkan adalah 100 %. Pada tabel 1. merupakan hasil dari proses pembelajaran untuk semua citra uji yang menggunakan gelombang-singkat Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4.

Tabel 1. Prosentase Proses Pembelajaran Citra Uji dengan Beberapa Fungsi Gelombang-singkat

Dec $\alpha$	Laju Belajar awal $\alpha$	Haar	Coif 3	Sym5	Bior 2.4
0,1	0,01	100 %	91,67 %	100 %	100 %

Setelah dilakukan proses pembelajaran kemudian dilakukan proses pengujian, yaitu menggunakan citra yang diberi noise Gaussian dan Salt and Pepper dengan beberapa varians. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2, yang menghasilkan 100 % pada gelombang-singkat Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter

# HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

## HIBAH BERSAING TAHUN 2

1. Judul Penelitian : PEMAMPATAN BASISDATA DAN PENGENALAN POLA CITRA SATELIT UNTUK DETEKSI DINI BENCANA ALAM

2. Ketua Peneliti

- a. Nama : Ir. Alb. Joko Santoso, MT
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NPP : 05 91 342
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala/IV b
- e. Jabatan Struktural : -
- f. Bidang Keahlian : Komputasi
- g. Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- i. Tim Peneliti :

No	Nama dan Gelar	Bidang Keahlian	Instansi	Perguruan Tinggi
1	Prof. Ir. F. Soesianto, B.Sc.E., Ph.D	Informatika, Komputasi Numerik	T. Informatika UAJY	Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2	B.Yudi Dwiandiyanto,ST,MT	Komputasi	T. Informatika UAJY	Universitas Atma Jaya Yogyakarta

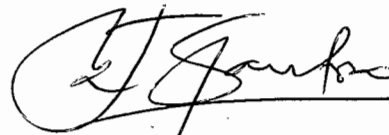
3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 2 tahun
- b. Biaya yang diusulkan tahun 2 : Rp. 48.850.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun 2 : Rp. 24.250.000,-


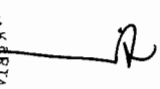
Yogyakarta, 15 November 2010  
Ketua Peneliti

Mengetahui,

  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta,  
  
(Ir. B. Kristyanto, M.Eng, Ph.D)  
NPP : 05 91 343  
FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI

  
(Ir. Alb. Joko Santoso, MT)  
NPP: 05.91.342

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

  
  
(Dr. Shellyana Junaedi, M.Si)  
L.P.P NPP : 07.95.555

## RINGKASAN

Wilayah Indonesia secara geografis maupun geologis berpotensi besar mengalami bencana alam. Oleh karena itu berbagai usaha untuk mencegah atau deteksi dini terus dikaji dengan berbagai penelitian agar dapat dihasilkan suatu prediksi yang tepat dan cepat. Salah satu cara yaitu dengan sistem informasi deteksi dini bencana alam. Sistem informasi ini dapat dibuat dengan melakukan pengenalan pola dari citra-citra satelit runtutan sebelum dan saat bencana alam.

Namun perlu diketahui bahwa citra merupakan penterjemahan data-data dalam bentuk gambar yang dapat merepresentasikan data-data tersebut. Data citra merupakan kombinasi informasi dan redundansi, bagian informasi adalah bagian data yang dipertahankan keberadaannya karena mengandung makna dan peruntukan data. Sedangkan bagian redundansi merupakan bagian data yang dapat direduksi, dimampatkan, atau dihilangkan.

Tujuan khusus penelitian tahun 1 adalah menghasilkan suatu fungsi gelombang-singkat yang cocok digunakan untuk pemampatan citra satelit sehingga bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses CPU (*Central Processing Unit*), dan apabila menggunakan jaringan komputer, data yang sudah dimampatkan tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga dapat menghemat waktu pengirimannya. Sedangkan hasil utama dari penelitian pada tahun pertama ini adalah dapat menentukan fungsi gelombang-singkat yang sesuai untuk pemampatan citra satelit yang banyak dan ukurannya per citra biasanya sangat besar. Penentuan fungsi gelombang-singkat yang sesuai ini sangat bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses *Central Processing Unit*, dan dapat menghemat waktu pengirimannya. Tujuan khusus penelitian tahun 2 ialah menghasilkan program yang dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit.

Penelitian tahun 1 menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512 yang diperoleh dari data satelit, citra yang diuji sebanyak 10 citra satelit yang telah diproses awal. Sedangkan fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang diuji sebanyak 31 fungsi, yaitu Haar, db2, db3, db4, db5, coif1, coif2, coif3, coif4, coif5,

sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8. Wavelet ini kemudian dicoba digunakan untuk mengkompresi citra uji. Hasil kompresi dari tiap-tiap wavelet kemudian dibandingkan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per pixel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *wavelet* Haar dan Biorthogonal mempunyai keunggulan dalam hal PSNR, rasio kompresi, bit per piksel yang lebih baik dibandingkan dengan jenis wavelet lain yang diuji. Selain itu perlu juga diperhatikan beberapa hal yang mempengaruhi pemampatan suatu citra, yaitu karakteristik frekuensi citra akan sangat berpengaruh terhadap rasio kompresi yang diperoleh. Citra dengan frekuensi rendah yang dominan akan mempunyai rasio kompresi yang lebih baik dibandingkan dengan citra yang memiliki banyak frekuensi tinggi. Semakin besar tingkat reduksi spasial yang dimiliki, maka rasio kompresinya juga akan semakin membaik. Semakin besar nilai reduksi spasial citra, maka hasil alihragam *wavelet* citra akan mempunyai nilai-nilai nol atau mendekati nol. Apabila hasil alihragam *wavelet* mempunyai banyak elemen yang bernilai nol, maka algoritma kompresi dapat bekerja dengan optimal. Dalam algoritma kompresi, semakin banyak redundansi spasial citra maka citra tersebut menjadi semakin mudah dikompresi. Beberapa cara untuk mendapatkan redundansi spasial adalah dengan menaikkan level dekomposisi dan menaikkan nilai parameter *thresholding*. Namun perlu diperhatikan bahwa dengan menaikkan parameter *threshold* maka akan diperoleh nilai MSE yang semakin besar dan PSNR yang semakin kecil. Kompresi yang demikian akan menghasilkan model kompresi *lossy*.

Penelitian tahun 2 menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit. Berdasarkan pengujian program pengenalan pola yang dibuat ternyata jaringan saraf LVQ dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit. Sedangkan Gelombang-singkat yang menghasilkan 100 % adalah Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,6667 % untuk semua noise dan parameter uji,

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkatNya, maka laporan hasil penelitian tahun I dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian yang berjudul Pemampatan Basisdata Dan Pengenalan Pola Citra Satelit Untuk Deteksi Dini Bencana Alam bertujuan menghasilkan suatu fungsi gelombang-singkat yang cocok digunakan untuk pemampatan citra satelit sehingga bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses CPU (*Central Processing Unit*), dan apabila menggunakan jaringan komputer, data citra yang sudah dimampatkan tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga dapat menghemat waktu pengirimannya.

Dari hasil penelitian ini diharapkan ada penelitian lanjutan agar dapat digunakan untuk melakukan pengenalan pola citra satelit sehingga dapat digunakan untuk deteksi dini atau ekstraksi ciri suatu bencana alam. Selain itu dengan hasil penelitian lanjutan tersebut akan sangat bermanfaat dalam mengantisipasi akan terjadinya bencana alam sehingga dapat mengurangi atau meniadakan korban jiwa.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana penelitian, serta kami ucapkan juga kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memfasilitasi penelitian kami. Akhir kata, semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Hormat Kami,

(Alb. Joko Santoso)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	i
<b>RINGKASAN</b>	ii
<b>PRAKATA</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Subyek Penelitian	2
1.3. Lokasi Penelitian	3
1.4. Hasil yang Diharapkan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	16
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	35
3.1. Tujuan Penelitian	35
3.2. Manfaat Penelitian	35
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	37
4.1. Kaji Pustaka	37
4.2. Kaji Eksperimen	37
4.3. Jalannya Penelitian	37
4.4. Citra Satelit yang Diuji Tahun 1	40
4.5. Citra Satelit yang Diuji Tahun 2	44



<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	48
5.1. Analisis Dan Perancangan Sistem	48
5.2. Hasil Uji Dan Analisis Penelitian Tahun 1	52
5.3. Hasil Uji Dan Analisis Penelitian Tahun 2	76

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	82
6.1. Kesimpulan	82
6.2. Saran	83

<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	84
-----------------------	----

#### **LAMPIRAN**

#### **A. PROGRAM**

#### **B. PUBLIKASI**

- B.1. Artikel pada SESINDO 2009
- B.2. Artikel pada International Conference Digital Image Processing (ICDIP 2010)
- B.3. Artikel pada SESINDO 2010

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada awal dasawarsa abad ke 21 ini perkembangan teknologi komputer, baik perangkat-keras maupun perangkat-lunaknya, berkembang sangat cepat. Teknologi komputer menjadi kebutuhan manusia yang menyentuh setiap aspek kehidupan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai robot untuk ekspedisi di ruang angkasa luar.

Saat ini dunia masuk dalam tahap baru, yaitu dari era industri ke era informasi. Kebutuhan manusia akan informasi yang terbaru semakin dituntut dalam setiap aspek, komputer yang pada awalnya digunakan untuk menghitung dan menghasilkan laporan yang berlembar-lembar telah ditinggalkan dengan menghasilkan laporan berupa informasi yang tidak banyak dan efisien. Bentuk informasi yang efisien ini dituntut untuk menampilkan sesuatu yang dapat mewakili berlembar-lembar laporan.

Konsep grafik dan citra muncul untuk mewakili data-data numerik yang berlembar-lembar dan membosankan. Citra adalah penterjemahan data-data dalam bentuk gambar yang dapat merepresentasikan data-data tersebut. Data citra merupakan kombinasi informasi dan redundansi, bagian informasi adalah bagian data yang dipertahankan keberadaannya karena mengandung makna dan peruntukan data. Sedangkan bagian redundansi merupakan bagian data yang dapat direduksi, dimampatkan, atau dihilangkan.

Permasalahan yang muncul adalah berkenaan dengan sifat data citra yang menghabiskan banyak memori. Banyaknya memori yang dihabiskan oleh gambar-gambar ini maka kemampuan penyimpanan data citra menjadi berkurang. Dalam telekomunikasi pentransmisi data citra membutuhkan saluran transmisi yang mempunyai lebarbidang (*bandwidth*) yang besar. Dalam dunia komputer dan internet, pemampatan berkas digunakan dalam berbagai keperluan, jika ingin mencadangkan data, tidak perlu menyalin semua berkas aslinya, dengan memampatkan (mengecilkan ukurannya) berkas tersebut terlebih dahulu maka kapasitas tempat penyimpanan yang diperlukan akan menjadi lebih kecil. Jika sewaktu-waktu data tersebut diperlukan, baru dikembalikan lagi ke berkas aslinya.

Wilayah Indonesia secara geografis maupun geologis berpotensi besar mengalami bencana alam. Oleh karena itu berbagai usaha untuk mencegah atau deteksi dini terus dikaji dengan berbagai penelitian agar dapat dihasilkan suatu prediksi yang tepat dan cepat. Salah satu usaha yang sudah dilakukan adalah memasang sensor adanya perubahan gelombang laut yang diletakkan di tengah laut. Namun sensor tersebut tentunya ada kekurangan, antara lain waktu antara informasi yang diperoleh dengan kejadian bencana alam sangat singkat, yaitu kurang dari 30 menit. Oleh karena itu perlu adanya cara untuk deteksi dini yang dapat memberikan informasi paling tidak 24 jam sebelumnya, sehingga dapat dilakukan perintah untuk segera mengungsi jauh sebelum terjadi bencana alam.

## **1.2. Subyek Penelitian**

### **1.2.1. Tahun 1**

Penelitian tahun 1 menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512 yang diperoleh dari data satelit, citra yang diuji sebanyak 10 citra satelit yang telah diproses awal. Sedangkan fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang diuji sebanyak 31 fungsi, yaitu Haar, db2, db3, db4, db5, coif1, coif2, coif3, coif4, coif5, sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8. Wavelet ini kemudian dicoba digunakan untuk mengkompresi citra uji. Hasil kompresi dari tiap-tiap wavelet kemudian dibandingkan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per pixel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi.

### **1.2.2. Tahun 2**

Penelitian tahun 2 menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit, citra yang diuji sebanyak 12 citra satelit. Fungsi gelombang-singkat yang digunakan ada 4 yaitu Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Metode yang dipakai untuk pengenalan pola citra uji adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*.

### 1.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan memanfaatkan fasilitas yang ada, yaitu akses internet, literatur, dan software.

### 1.4. Hasil yang Diharapkan

#### 1.4.1. Target yang Direncanakan :

Target penelitian tahun 1 adalah membandingkan sekitar 20 fungsi gelombang-singkat dan menentukan fungsi gelombang-singkat (*Wavelet*) yang cocok digunakan untuk pemampatan citra satelit sehingga bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses CPU (*Central Processing Unit*), dan apabila menggunakan jaringan komputer, data yang sudah dimampatkan tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga dapat menghemat waktu pengirimannya.

Target penelitian tahun 2 ialah membuat program pengenalan pola citra satelit dengan pemrosesan awal gelombang-singkat dan jaringan saraf Learning Vector Quantization (LVQ).

#### 1.4.2. Realisasi target :

Realisasi yang dicapai adalah tim peneliti telah dapat membandingkan 31 fungsi gelombang-singkat yaitu

a. Haar

b. Daubechies 2, Daubechies 3, Daubechies 4, Daubechies 5

c. Coiflets 1, Coiflets 2, Coiflets 3, Coiflets 4, Coiflets 5

d. Symlets 2, Symlets 3, Symlets 4, Symlets 5, Symlets 6, Symlets 7, Symlets 8

e. Biorthogonal 1.3, Biorthogonal 1.5, Biorthogonal 2.2, Biorthogonal 2.4, Biorthogonal 2.6, Biorthogonal 2.8, Biorthogonal 3.1, Biorthogonal 3.3, Biorthogonal 3.5, Biorthogonal 3.7, Biorthogonal 3.9, Biorthogonal 4.4, Biorthogonal 5.5, Biorthogonal 6.8.

Parameter-parameter yang digunakan untuk pembanding fungsi-fungsi gelombang-singkat adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per piksel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi. Citra satelit yang diuji sebanyak 10

citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512, yaitu bigmap.bmp, 22.bmp, awan 1.bmp, awan 2.bmp, awan 3.bmp, Myanmar 1.bmp, Myanmar 2.bmp, 30 Okt.bmp, 31 Okt.bmp, dan 1 Nov.bmp.

Hasil dari penelitian tahun 1 ini telah dikirimkan dan diterima untuk presentasi lisan pada Seminar Sistem Informasi Indonesia (SESINDO) 2009 yang akan dipresentasikan di ITS pada tanggal 12 Desember 2009. Selain itu hasil ini juga dikirimkan dan diterima untuk presentasi lisan pada International Conference Digital Image Processing (ICDIP 2010) yang diadakan di Singapura tanggal 26-28 Februari 2010.

Realisasi yang dicapai tahun 2 adalah tim peneliti telah dapat menghasilkan program yang dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit. Gelombang-singkat yang digunakan untuk pemrosesan awal adalah Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Jaringan saraf yang digunakan untuk pengenalan pola adalah Learning Vector Quantization (LVQ). Citra satelit yang diuji sebanyak 12 citra satelit. Citra satelit tersebut kemudian diuji menggunakan cara citra tanpa noise dan dengan noise, serta di beri beberapa varians.

Hasil dari penelitian tahun 2 ini telah dikirimkan pada Seminar Sistem Informasi Indonesia (SESINDO) 2010 yang akan dipresentasikan di ITS pada tanggal 4 Desember 2010.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

#### 2.1.1 Transformasi Gelombang-Singkat

Transformasi merupakan suatu proses perubahan data kedalam bentuk lain agar mudah dilakukan analisis. Transformasi gelombang-singkat merupakan proses perubahan sinyal ke dalam berbagai basis gelombang-singkat (*mother wavelet*) dengan berbagai fungsi pergeseran dan penyekalaan. Fungsi penyekalaan atau *scaling function* mempunyai sifat dapat disusun dari sejumlah salinan dirinya yang telah ditranslasikan, didilasikan, dan diskalakan

Gagasan dasar mengenai gelombang-singkat adalah analisisnya menurut ukuran, dan sejumlah peneliti di dunia gelombang-singkat berpendapat bahwa penggunaan gelombang-singkat berawal dari gagasan atau sudut pandang pengolahan data. Gelombang-singkat adalah fungsi matematis yang memenuhi persyaratan matematika dan digunakan dalam penyajian data atau fungsi lain. Konsep ini bukan hal yang baru. Perhitungan menggunakan fungsi superposisi telah ada sejak tahun 1800 ketika Joseph Fourier menemukan bahwa grafik sinus dan kosinus dapat disuperposisikan untuk menggambarkan fungsi periodik lain. Meskipun begitu, dalam analisis gelombang-singkat, ukuran yang digunakan terhadap data mempunyai suatu fungsi tertentu. Algoritma gelombang-singkat memproses data pada ukuran-ukuran atau resolusi-resolusi yang berbeda. Jika melihat suatu sinyal dengan jendela (*window*) yang besar, diperoleh gambar yang besar. Demikian pula, bila melihat dengan *window* yang kecil, akan diperoleh gambar yang kecil. Hasil pada analisis gelombang-singkat dapat diibaratkan seperti melihat hutan secara menyeluruh dan pohon-pohonnya (Graps, 1995). Ini membuat gelombang-singkat menjadi menarik dan sangat berguna setelah selama beberapa dasawarsa, para ilmuwan telah berusaha menemukan fungsi yang lebih tepat daripada fungsi sinus dan kosinus sebagai basis analisis Fourier, untuk memperkirakan sinyal bergelombang. Menurut pengalaman mereka, tidak ada masalah bila fungsi itu bersifat non-lokal (memiliki lingkup tidak terbatas). Namun mereka kurang berhasil dalam menangani *sharp spikes*. Ternyata dengan analisis gelombang-singkat, dapat

digunakan fungsi penghampiran yang memiliki wilayah (*domain*) yang terbatas dan teratur. gelombang-singkat-gelombang-singkat ini sangat sesuai sekali untuk memperkirakan data dengan diskontinu yang tajam.

Prosedur analisis gelombang-singkat didasarkan pada prototipe fungsi gelombang-singkat, yang disebut *analyzing wavelet* atau gelombang-singkat induk (*mother wavelet*). Analisis sementara dilakukan dengan penyusutan (*contraction*), versi prototipe frekuensi tinggi gelombang-singkat, sedangkan analisis frekuensi dilakukan dengan pelebaran, versi frekuensi rendah gelombang-singkat yang sama, karena sinyal asli atau fungsi masukan dapat digambarkan dalam bentuk ekspansi gelombang-singkat (menggunakan koefisien pada kombinasi linear sejumlah fungsi gelombang-singkat), operasi data dapat digambarkan dengan mempergunakan koefisien gelombang-singkat terkait. Jika selanjutnya pemilihan gelombang-singkat terbaik disesuaikan dengan data yang ada atau dipangkas hingga koefisien di bawah suatu titik awal, data tersebut digambarkan secara jarang (*sparsely*). Penyandian yang jarang ini menjadikan gelombang-singkat sangat berguna dalam bidang pemampatan data.

Bidang ilmu lain yang menggunakan gelombang-singkat di antaranya astronomi, akustika, teknik nuklir, penyandian subbidang, pengolahan sinyal dan citra, neurofisiologi, musik, citra resonans magnetik, diskriminasi suara, optika fraktal, turbulensi, peramalan gempa bumi, radar, penglihatan manusia, dan penerapan matematika murni seperti pemecahan persamaan diferensial parsial (Graps, 1995).

Teknik gelombang-singkat merupakan suatu bentuk matematika klasik yang berhubungan dengan pengembangan sinyal yang linear. Contoh pertama rangkaian gelombang-singkat ortogonal bermula pada konstruksi Haar tahun 1910 tentang basis untuk fungsi dengan kuadrat yang terintegralkan. Penyederhanaan ini membuat fungsi-fungsi ini rapi dan atraktif: digunakan fungsi tunggal disertai operasi penggeseran dan operasi penskalaan (yaitu, operasi dengan bentuk lestari) bagi semua konstruksi. Perluasan gelombang-singkat lebih multi-guna daripada teknik Fourier lokal, karena dapat memberikan basis ortogonal yang baik ketika metode Fourier lokal mengalami kegagalan.

Gelombang-singkat juga sudah dikenal dalam pemrosesan sinyal. Barangkali, kontribusi pertama gelombang-singkat terhadap pemrosesan sinyal adalah dalam

menyusun kerangka-kerja yang koheren untuk memperkaya interpretasi baru atas hasilnya yang diperoleh dan juga dalam menciptakan suatu penghubung dengan para peneliti di bidang lain yang telah menggunakan teknik yang sama secara independen. Hal yang menarik dalam gelombang-singkat ialah ia telah memfokuskan perhatian sejumlah peneliti tentang sejumlah kelas masalah yang menarik, jika pendekatan-pendekatan multiresolusi cukup memungkinkannya. Teori gelombang-singkat memberikan peluang yang berguna dalam pemecahan problem serupa itu. Penyederhanaan pendekatan gelombang-singkat juga menghasilkan suatu generalisasi yang menarik, misalnya gelombang-singkat *M-band* dan WP (*Wavelet packet*) serta pengembangan suatu algoritma yang terletak pada bagian atas representasi gelombang-singkat, misalnya representasi dari maksima atau persilangan nol (Duhamel, 1993).

### 2.1.2 Alihragam Gelombang-Singkat untuk Citra

Ada tiga alasan penggunaan transformasi gelombang-singkat untuk pengolahan citra, yaitu (Wijaya, 2004) :

1. Transformasi gelombang-singkat mempunyai sifat unconditional basis yang berarti koefisien hasil transformasi akan menurun secara dratis dari koefisien pendekatan ke koefisien detilnya atau hasil transformasi kebanyakan bernilai sangat kecil atau nol, sehingga ciri dari suatu citra dapat diwakili oleh sebagian kecil koefisien hasil transformasi atau suatu sinyal dapat dipresentasikan kembali secara efektif dengan menggunakan sebagian kecil koefisien hasil transformasi.
2. Transformasi gelombang-singkat mempunyai karakteristik pelokasian sinyal, sehingga dapat memisahkan komponen sinyal yang tumpang tindih pada kawasan waktu dan frekuensi dengan baik.
3. Transformasi gelombang-singkat mempunyai proses transformasi cepat, sehingga waktu komputasi yang diperlukan pendek dan sangat cocok diterapkan dalam komputer digital.

Wang dkk (1995) menerangkan bahwa pendekatan berdasarkan gelombang-singkat pada problem linear terbaik dalam pengolahan citra. Dalam pendekatan ini, baik citra maupun operator linear yang akan dibalikkan (*inverted*) ditunjukkan dengan perluasan gelombang-singkat, yang menghasilkan representasi matriks multiresolusi yang



jarang pada pemecahan masalah balik. Keterbatasan dalam penyelesaian (*solution*) yang teratur, diatasi melalui koefisien perluasan gelombang-singkat. Ciri unik pendekatan gelombang-singkat adalah kerangka yang umum dan konsisten untuk mewakili suatu operator yang diperlukan dalam pemecahan yang beragam, problem penting dalam pemrosesan (*multigrid/multiresolution*). Hal ini dan kelangkaan dalam representasi, memunculkan algoritma multigrid. Pendekatan yang diusulkan diuji berdasarkan kemampuan/keunggulan perbaikan citra dan memberikan hasil yang baik.

Lee dkk (1995) mengusulkan algoritma deteksi sudut multiskala berdasarkan pada alihragam gelombang-singkat orientasi garis kontur. Algoritma tersebut menggunakan informasi ekstrema lokal maupun modulus hasil transform untuk mendeteksi sudut dan busur (*arc*) secara efektif. Lebar-tanjakan (*ramp-width*) profil (*profile*) orientasi garis-kontur, dapat dihitung menggunakan modulus dua ukuran yang ditransformkan, serta menyatakan perbedaan antara sudut dan busur yang digunakan dalam penentuan titik sudut. Hasil eksperimental telah memperlihatkan bahwa detektor yang digunakan Lee dkk lebih efektif daripada detektor skala-tunggal maupun detektor skala-banyak. Kedua detektor juga memperagakan bahwa pendeteksian mereka tidak sensitif terhadap derau batas. Di samping itu, metode mereka lebih efisien daripada detektor sudut skala banyak lainnya, karena metodenya beroperasi pada angka skala yang lebih kecil, dan dapat dilaksanakan dengan algoritma transform yang cepat.

### **2.1.3 Pemampatan Data dengan Gelombang-Singkat**

Pemampatan data sangat berkaitan erat dengan representasi data. Salah satu cara untuk mentransmisikan bilangan bulat (*integer*) 32-bit yang paling sederhana adalah menyandikannya dalam bentuk empat *byte* dalam sejumlah representasi dan mengirimkannya lewat jalur transmisi. Akan tetapi, jika diketahui bahwa 95% bilangan bulat yang ditransmisikan adalah antara 0 dan 250, mungkin lebih baik untuk mentransmisikan bilangan bulat ini dalam suatu *byte* tunggal tidak bertanda, dan menggunakan sandi 255 untuk menandakan bahwa yang dikirim adalah bilangan bulat 32-bit nyata. Walaupun pengiriman setiap lima *bytes* akan lebih menguntungkan daripada pengiriman empat *bytes*, pengiriman dengan menggunakan empat *bytes* ditambah satu

*byte* tunggal pada hampir setiap saat lebih memberikan keuntungan dibandingkan dengan kerugian yang diakibatkan (Tanenbaum, 1989).

Gelombang-singkat adalah bentuk gelombang dengan osilasi/getaran yang berlangsung selama satu atau beberapa siklus saja. gelombang-singkat ini memiliki lokasi (letak) dan ukuran (rentang waktu) terhingga. gelombang-singkat sangat berguna dalam menampilkan (*representing*) sinyal dan citra yang diskontinu (Bruce dkk, 1996).

Metode pemampatan data berdasarkan pada FWT (*Fast Wavelet Transform*) dan algoritma dekomposisi sinyal multiresolusi telah dilengkapi dan diterapkan untuk spektra penyerapan ultraviolet yang nampak. Fungsi gelombang-singkat tipe Daubechies telah digunakan untuk tujuan ini. Unjuk-kerja metode ini telah dievaluasi dengan menggunakan data sintesis dan eksperimental. Telah ditemukan bahwa ruang penyimpanan informasi spektral yang diteliti secara signifikan dapat dikurangi menggunakan metode yang disarankan dengan spektrum kualitas yang dihasilkan dari data yang telah dimampatkan (Chau dkk, 1997).

#### **2.1.4. Gelombang-Singkat Pada Penambangan Data**

Penambangan data adalah salah satu bidang yang berkembang pesat karena besarnya kebutuhan akan nilai tambah dari basisdata skala besar (Pramudiono, 2003). Hanya saja aplikasi dari penambangan data lebih khusus dan lebih spesifik dibandingkan OLAP mengingat *basisdata* bukan satu-satunya bidang ilmu yang mempengaruhi penambangan data, banyak lagi bidang ilmu yang turut memperkaya penambangan data seperti: *information science* (ilmu informasi), *high performance computing*, visualisasi, *machine learning*, statistik, *neural networks* (jaringan syaraf tiruan), pemodelan matematika, *information retrieval* dan *information extraction* serta pengenalan pola. Bahkan pengolahan citra (*image processing*) juga digunakan dalam rangka melakukan *penambangan data* terhadap data *image/spatial*. (Sucahyo, 2003).

Lebih lanjut Sucahyo mengatakan bahwa penambangan data tidak hanya melakukan *mining* terhadap data transaksi saja. Penelitian di bidang *penambangan data* saat ini sudah merambah ke sistem *basisdata* lanjut seperti *object oriented database*, *image/spatial database*, *time-series data/temporal database*, teks (dikenal dengan nama *text mining*), web (dikenal dengan nama *web mining*) dan *multimedia database*.

Gelombang-singkat pada penambangan data digunakan untuk preprosesing data, dan analisis kluster. Preprosesing data dalam penambangan data terdiri dari 4 (empat) cara, yaitu pembersihan data, integrasi data, transformasi data, dan reduksi data. Ada 3 (tiga) strategi untuk reduksi data, yaitu agregasi kubus data, reduksi dimensi, dan pemampatan data (Han, 2001). Pada pemampatan data inilah gelombang-singkat dapat diimplementasikan dalam penambangan data. Sedangkan implementasi gelombang-singkat pada analisis kluster seperti yang dikenal dengan istilah wavecluster (Sheikholeslami, dkk, 1998). Wavecluster merupakan suatu pendekatan clustering multi-resolusi yang menerapkan transformasi gelombang-singkat ke ruang fitur.

### **2.1.5 Preprosesing Data**

Himpunan data real biasanya tidak secara langsung menyediakan untuk melakukan algoritma penambangan data (Pyle, 1999). Data tersebut berisi noise, nilai yang hilang, dan mungkin tidak konsisten. Apalagi, himpunan data real cenderung terlalu besar, berdimensi tinggi, dan lain-lain. Oleh karenanya diperlukan data yang bersih untuk menghilangkan noise, pengurangan data untuk mengurangi dimensionalitas dan kompleksitas data dan transform data untuk mengubah data ke dalam bentuk yang sesuai untuk penambangan data dan lainnya. Gelombang-singkat menyediakan sebuah cara untuk mengestimasi fungsi pokok dari data. Dengan melenyapkan sifat moment gelombang-singkat, diketahui bahwa hanya beberapa koefisien gelombang-singkat yang signifikan untuk kebanyakan kasus. Dengan menahan koefisien gelombang-singkat terpilih, transform gelombang-singkat kemudian dapat diterapkan untuk denoising dan pengurangan dimensionalitas.

#### **2.1.5.1 Denoising**

Noise adalah sebuah kesalahan acak atau variansi dari sebuah variabel terukur (Han dkk, 2000). Terdapat banyak alasan yang mungkin untuk data noise, seperti kesalahan pengukuran/peralatan selama pengambilan data, kesalahan manusia dan komputer yang terjadi pada saat memasukkan data, keterbatasan teknologi dan kejadian alam seperti gangguan atmosfer, dan lain-lain. Menghilangkan noise dari data dapat dipertimbangkan sebagai sebuah proses mengenali keluaran atau merancang estimasi

yang optimal dari data yang tidak diketahui dari data noise yang ada. Berbagai teknik smoothing (penghalusan), seperti metode Binning, deteksi clustering dan keluaran, telah digunakan dalam literature penambangan data untuk menghilangkan noise. Metode Binning menghaluskan sebuah nilai data pendek dengan memperhatikan nilai data disekitarnya. Banyak algoritma penambangan data menemukan keluaran sebagai sebuah by-product dari algoritma clustering dengan mendefinisikan keluaran sebagai titik yang tidak berada dalam cluster (Aggrawal dkk, 1999). Beberapa teknik lain secara langsung menemukan titik yang berkelakuan sangat berbeda dari normalnya (Arning dkk, 1996). Aggrawal dan Yu (2001) menyatakan teknik baru untuk deteksi keluaran dengan mempelajari kelakuan proyeksi dari himpunan data. Data dapat juga dihaluskan dengan menggunakan metode regresi untuk mencocokkan mereka dengan sebuah fungsi. Apalagi, teknik post-pruning digunakan dalam pohon keputusan yang dapat mengabaikan masalah *overfitting* yang disebabkan data noise (Mitchell, 1997). Tetapi, kebanyakan metode tersebut tidak secara khusus dirancang cocok dengan noise dan pengurangan noise dan smoothing hanyalah hasil sampingan dari pembelajaran algoritma untuk tugas lain. Hilangnya informasi yang disebabkan karena metode tersebut juga menjadi sebuah masalah.

Teknik gelombang-singkat memberikan sebuah cara yang efektif untuk denoising dan telah diterapkan dengan sukses dalam berbagai bidang khususnya dalam penelitian citra (Chang dkk, 1998). Secara formal, anggap data observasi  $y = (y_1, \dots, y_n)$  adalah sebuah realisasi noise sebuah signal  $x = (x_1, \dots, x_n)$  :

$$y_i = x_i + \epsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

dimana  $\epsilon_i$  adalah noise. Hal ini biasanya diasumsikan bahwa  $\epsilon_i$  adalah bebas dari signal dan bebas dan terdistribusi secara identik variable random Gaussian. Sebuah cara yang biasa untuk denoising adalah menemukan semacam  $\hat{x}$  yang meminimalkan kuadrat rata-rata kesalahan (MSE),

$$\text{MSE}(\hat{x}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2$$

Ide utama gelombang-singkat denoising adalah mentransform data ke dalam sebuah basis yang berbeda, gelombang-singkat basis, dimana koefisien yang besar adalah informasi utama yang berguna dan koefisien yang kecil menyatakan noise. Dengan

modifikasi yang sesuai koefisien dalam basis baru, noise dapat secara langsung dihilangkan dari data.

### 2.1.5.2 Transformasi Data

Sebuah kelas yang luas dari operasi dapat dilakukan secara langsung dalam domain gelombang-singkat dengan mengoperasikan pada koefisien transform gelombang-singkat dari himpunan data asli. Operasi dalam domain gelombang-singkat memungkinkan untuk operasi tersebut secara progresif dalam sebuah busana kasar sampai halus (*coarse-to-fine fashion*), untuk beroperasi pada resolusi yang berbeda, memanipulasi kenampakan pada skala yang berbeda, dan untuk melokalisasi operasi spasial domain dan frekuensi domain. Melakukan operasi semacam itu dalam gelombang-singkat domain dan kemudian merekonstruksi hasil adalah lebih efisien daripada melakukan operasi yang sama dalam arah standar dan mengurangi memori footprint. Apalagi, transform gelombang-singkat memiliki kemampuan untuk mengurangi korelasi temporal, sehingga korelasi dari koefisien gelombang-singkat jauh lebih kecil daripada korelasi proses temporal yang berhubungan. Oleh karena itu model sederhana yang tidak cukup dalam domain asli mungkin cukup akurat dalam gelombang-singkat domain. Hal tersebut memotivasi penerapan gelombang-singkat untuk transform data. Dengan kata lain, sebagai pengganti pekerjaan pada domain asli akan berkerja pada domain gelombang-singkat.

Feng dkk (2000) mengajukan sebuah pendekatan baru dari penerapan Analisis Prinsip Komponen (*PCA = Principal Component Analysis*) pada subband gelombang-singkat. Transform gelombang-singkat digunakan untuk mengurai kembali sebuah citra ke dalam frekuensi subband yang berbeda dan sebuah frekuensi subband mid-range digunakan untuk menyatakan PCA. Metode mengurangi lonjakan komputasional yang signifikan selama mencapai akurasi yang diakui baik. Buccigrossi dan Simoncelli (1997) mengembangkan sebuah model probabilitas untuk citra alamiah, berdasarkan pada observasi empiris dari statistik mereka dalam domain transform gelombang-singkat. Mereka mencatat bahwa pasangan koefisien gelombang-singkat, berhubungan dengan fungsi dasar pada lokasi spasial, orientasi, dan skala yang berdekatan, secara umum menjadi non-gaussian dalam sifat statistik bersama dan marjinal mereka dan khususnya,

marjinal mereka berakhir berat, dan meskipun mereka khususnya terkorrelasi kembali, besaran mereka terkorrelasi secara besar. Hornby dkk (1997) menyatakan analisis potensial field data dalam domain gelombang-singkat. Kenyataannya, banyak teknik gelombang-singkat lain untuk komponen lain yang juga dapat digunakan sebagai transformasi data.

### 2.1.5.3 Pengurangan Dimensi

Tujuan pengurangan dimensi adalah untuk menyatakan himpunan data asli menggunakan beberapa himpunan data yang lebih kecil dengan atau tanpa hilangnya informasi. Transformasi gelombang-singkat menyatakan data sebagai sebuah jumlahan fungsi prototipe dan ini telah diperlihatkan bahwa di bawah kondisi tertentu transformasi hanya berhubungan dengan koefisien terpilih. Oleh karenanya sama seperti denoising, dengan mempertahankan koefisien terpilih, gelombang-singkat dapat mencapai pengurangan dimensionalitas. Pengurangan dimensi dapat difikirkan sebagai sebuah perluasan transformasi data, selama transformasi data hanya mentransform data asli ke dalam domain gelombang-singkat tanpa pelepasan koefisien, pengurangan dimensionalitas hanya menjaga sekumpulan koefisien gelombang-singkat terpilih.

Menjaga koefisien terbesar  $k$  mencapai lebih akurat menyatakan selama menjaga koefisien pertama  $k$  berguna untuk pengindekkan (Gunopulos, 2001). Menjaga koefisien pertama  $k$  secara implisit mengasumsikan sebuah apriori yang signifikan dari semua koefisien gelombang-singkat pada tingkat resolusi yang lebih tinggi diabaikan. Sebuah asumsi awal yang kuat semacam itu secara berat tergantung pada sebuah pilihan yang sesuai dari  $k$  dan secara esensial menyangkal kemungkinan singularitas lokal dalam fungsi pokok (Abramovich dkk, 2000).

Penggunaan koefisien gelombang-singkat  $k$  terbesar, memberikan sebuah definisi awal  $\epsilon$  yang akurat, langkah umum untuk pengurangan dimensi dapat diringkas dalam langkah – langkah sebagai berikut :

- a. Hitung koefisien gelombang-singkat dari himpunan data asli.
- b. Urutkan koefisien dalam orde besaran yang menurun sampai menghasilkan deret  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{M-1}$ .
- c. Mulai dengan  $M' = M$ , temukan  $M'$  terbaik yang memenuhi  $\sum_{i=M'}^{M-1} \|c_i\| \leq \epsilon$

$\|c_i\|$  adalah norma  $c_i$ . Secara umum, norma dapat dipilih sebagai norma  $L_2$  dimana  $\|c_i\| = (c_i)^2$  atau norma  $L_1$  dimana  $\|c_i\| = |c_i|$  atau norma lain. Dalam praktek, gelombang-singkat telah diterapkan secara sukses dalam pemampatan citra (Chrysafis dkk, 1998) dan dianggap bahwa norma  $L_1$  adalah yang terbaik untuk tugas pemampatan citra (Devore dkk, 1992).

Chan dan Fu (1999) menggunakan koefisien  $k$  pertama dari alihragam gelombang-singkat Haar dari runtun waktu asli untuk mengurangi dimensionalitas dan mereka juga memperlihatkan bahwa tidak ada kesalahan penolakan (tidak ada hasil yang terkualifikasi yang akan dibuang) untuk range pertanyaan dan pertanyaan terdekat dengan menjaga sedikit koefisien pertama.

### 2.1.2. Pengenalan Pola

Pengenalan pola citra dapat dikategorikan dalam bidang analisis citra. Analisis citra merupakan salah satu bagian dari pengolahan citra yang berusaha untuk mengekstraksi ciri-ciri penting dari suatu data citra. Interpretasi atau pemahaman dari citra dapat secara otomatis dibangkitkan oleh mesin, dalam hal ini digunakan komputer. Analisis citra telah dikembangkan dalam berbagai bidang ilmu. Dalam bidang pengenalan karakter, analisis citra dapat digunakan sebagai *sorting* surat, *optical character recognition* (pengubahan citra ke dokumen teks), dan pengolahan cek bank. Dalam bidang medis, analisis citra diterapkan dalam proses deteksi tumor, pengukuran ukuran dan bentuk organ-organ dalam, analisis kromosom, dan perhitungan sel-sel darah merah. Dalam industri otomotif, analisis citra digunakan dalam identifikasi *parts*. Dalam bidang robotika, analisis citra digunakan dalam proses pengenalan dan interpretasi obyek, serta pengendalian pergerakan robot. Dalam bidang kartografi, analisis citra digunakan untuk mensintesis peta cuaca. Dalam bidang forensik, analisis citra dapat digunakan untuk mencocokkan sidik jari dan menganalisis sistem sekuritas otomatis. Dalam bidang radar, analisis citra digunakan untuk identifikasi dan deteksi target, membantu proses pendaratan helikopter ataupun pesawat terbang. Dalam bidang penginderaan jarak jauh, analisis citra banyak digunakan untuk analisis citra multispektral, prakiraan cuaca, agroindustri dari citra satelit.

Pengenalan pola saat ini sudah banyak dilakukan untuk pengenalan pola tulisan Arab (Mansour, 2005; Burrow, 2004; Dreuw, 2008; Hasan, 2005; Liana, 2004). Pengenalan pola dilakukan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan (JST).

Pencarian citra banyak dibutuhkan oleh praktisi di bidang kedokteran, design grafis, kriminologi, dll. Banyak pendekatan yang dapat dilakukan untuk melakukan pencarian citra dan pengenalan pola, misalnya *query* berdasarkan isi (Barber, 1993; Faloutsos et al., 1994; Niblack, 1993), *query* berdasarkan contoh (Hirata et. al, 1992; Kato et. Al, 1992), pencarian similaritas (Gevers et. al, 1993; Kitamoto et al. 1993; Liang et. al, 1993; Petraglia et al., 1993; Tzong et. al, 1994), dan pencarian dengan menggunakan citra hasil sketsa (Kato et. al., 1992).

Pencarian citra sebelumnya telah diaplikasikan pada histogram warna (Swain, 1993), analisis tekstur (Kankanhalli et. al., 1994), dan ciri-ciri bentuk seperti lingkaran dan orientasi daerah pada citra (Gong et. al, 1994) ataupun gabungan dari berbagai macam aplikasi. Salah satu sistem yang telah diterapkan adalah "QBIC" yang telah dikembangkan oleh IBM (Niblack et. al., 1993) dan sekarang sudah dipasarkan secara komersial. Hirata dan Kato (1992) membuat suatu sistem pencarian citra dengan cara *query* berdasarkan contoh (Query By Visual Example / QVE).

Query berdasarkan isi banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, misalnya desain grafis, arsitektur (Stanchev et. al., 1992), produksi TV (Shibata et. al., 1990), multimedia (Smoliar et. al, 1994), komputasi (Weiser, 1993), sejarah seni (Kato, 1992), geologi (Shann et. al, 1993), basis data citra satelit (Kitamoto et. al., 1993) dan citra medis (Kelly et. al., 1994).

Pengolahan citra warna dapat dilakukan dalam beberapa jenis koordinat warna. Beberapa jenis koordinat warna yang dapat digunakan antara lain koordinat RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*), YUV (luminans dan krominans), koordinat warna NTSC, dan koordinat warna CMYK. Dalam aplikasi kompresi data citra, kompresi secara umum lebih optimal dilakukan dalam koordinat warna YUV (Suksmadana, 2001). Dalam bidang keamanan data, seperti steganografi, pengolahan citra akan lebih efektif jika dilakukan dalam koordinat warna RGB, terutama jika dilakukan pada kanal warna biru (Kutter, 1997; Chu, 1999 dan Dwiandiyanta, 2005).



## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Gelombang Singkat

Gelombang-singkat adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen yang frekuensinya berbeda, kemudian mempelajari setiap komponen dengan resolusi yang cocok untuk setiap ukuran (*scale*) (Mubarak, 2003). Gelombang-singkat merupakan suatu bentuk gelombang yang secara efektif memiliki batas durasi nilai rerata nol. Aplikasi yang telah berhasil diwujudkan dengan memanfaatkan gelombang-singkat diantaranya kompresi data citra, *watermarking*, deteksi tepi, sistem radar, dan penyandian sidik jari. Salah satu alasan mengapa alihragam gelombang-singkat menjadi begitu penting dalam berbagai bidang adalah karena sifat-sifat berikut:

1. Waktu kompleksitasnya bersifat linear. Alihragam gelombang-singkat dapat dilakukan dengan sempurna dengan waktu yang bersifat linear.
2. Koefisien-koefisien gelombang-singkat bersifat jarang. Secara praktis, koefisien-koefisien gelombang-singkat kebanyakan bernilai kecil. Kondisi ini sangat memberikan keuntungan terutama dalam bidang kompresi data.
3. Gelombang-singkat dapat beradaptasi pada berbagai jenis fungsi, seperti fungsi tidak kontinu, dan fungsi yang didefinisikan pada domain yang dibatasi.

Transformasi gelombang-singkat merupakan uraian dari suatu sinyal atau citra menggunakan fungsi gelombang-singkat dengan lokasi dan ukuran yang berbeda serta dihitung dengan menggunakan algoritma piramid. Dalam pengolahan citra, citra digital dinyatakan dalam bentuk diskret. Untuk menerapkan alihragam gelombang-singkat dalam pengolahan citra digital digunakan *Discrete Wavelet Transform* atau *DWT*. Proses dari transformasi gelombang-singkat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Transformasi gelombang-singkat

Gelombang-singkat merupakan sebuah basis, basis gelombang-singkat berasal dari sebuah fungsi penskalaan atau disebut juga *scaling function*. *Scaling function* memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejumlah salinan dirinya yang telah didilasikan, ditranslasikan dan diskalakan. Fungsi ini diturunkan dari persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari teori gelombang-singkat. Dari persamaan *scaling function* ini dapat dibentuk persamaan gelombang-singkat yang pertama (atau disebut juga *mother wavelet*), dengan bentuk sebagai berikut:

$$\psi_{ab}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

Dari *mother wavelet* ini kemudian dapat dibentuk gelombang-singkat berikutnya ( $\psi^1, \psi^2$ , dan seterusnya) dengan cara mendilasikan (memampatkan atau merenggangkan) dan menggeser *mother wavelet*. Berdasarkan *scaling function* inilah basis wavelet memiliki nama yang berbeda-beda, misalnya:

- Wavelet Haar memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = c_1 = 1$ .
- Wavelet Daubechies dengan 4 koefisien (Db4) memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = (1+\sqrt{3})/4$ ,  $c_1 = (3+\sqrt{3})/4$ ,  $c_2 = (3-\sqrt{3})/4$ ,  $c_3 = (1-\sqrt{3})/4$
- Wavelet B-Spline kubik memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = 1/8$ ,  $c_1 = 4/8$ ,  $c_2 = 6/8$ ,  $c_3 = 4/8$ ,  $c_4 = 1/8$ .

## 2.2.2 Pengertian Pemampatan Data

Perkembangan teknologi informasi yang memungkinkan data dalam jumlah besar terakumulasi. Sebagai contoh sebuah toko swalayan berskala nasional menyimpan setiap penjualan barang dengan memakai alat POS (*Point of Sales*). Basisdata data penjualan tersebut dapat mencapai beberapa GB setiap harinya untuk sebuah jaringan toko swalayan tersebut. Oleh karena itu perlu adanya pemampatan, sehingga dapat mengurangi keterbatasan ruang penyimpanan dapat dapat mempercepat waktu akses.

Sifat pemampatan data ada dua, yaitu tanpa merugi (*lossless*), dan merugi (*lossy*). Pemampatan data yang bersifat tanpa merugi digunakan untuk mereduksi ukuran data dengan memberikan hasil penampakan yang persis dengan aslinya. Untuk pemampatan tanpa merugi tingkat ketepatan hasil pemampatan adalah 100 % terhadap data aslinya.

Pemampatan data yang bersifat merugi, hasil pemampatannya terdapat perbedaan dengan data aslinya namun masih dalam toleransi yang ditentukan. Pada penelitian ini, sifat pemampatan data yang digunakan adalah tanpa merugi, karena basisdata citra yang dimampatkan harus menghasilkan tingkat ketepatan 100 %.

### 2.2.3. Pemampatan Citra dengan Gelombang-Singkat

Tujuan pemampatan citra adalah mengurangi kapasitas penyimpanan tanpa menghilangkan kualitas citra secara signifikan. Ciri dari suatu citra ialah adanya korelasi yang erat antara suatu piksel dengan piksel lainnya. Pemampatan data citra dapat dilakukan dengan alihragam gelombang-singkat (wavelet). Stollnitz (1996) mengatakan bahwa salah satu sifat dari gelombang-singkat adalah kejarangan. Pada kenyataannya, banyak koefisien dalam representasi gelombang-singkat yang nilainya nol atau sangat kecil. Sifat inilah yang memberikan peluang untuk melakukan pemampatan data citra.

Sifat utama dari alihragam gelombang-singkat dalam pemampatan citra diam adalah terjadinya distorsi minimum pada citra terekonstruksi meskipun dilakukan penghilangan koefisien-koefisien alihragam yang mendekati nol. Padahal alihragam gelombang-singkat atas citra akan menghasilkan banyak subbidang citra yang mempunyai magnitude sangat kecil. Penetapan threshold non negatif, elemen-elemen subbidang citra bernilai sangat kecil dapat dinolkan sehingga dapat menghasilkan matriks sangat jarang (Schremmer, 2001). Adanya matriks sangat jarang akan memudahkan untuk ditransmisikan dan disimpan, bahkan citra hasil rekonstruksi dengan thresholding (kuantisasi) ini dapat memberikan hasil yang dapat diterima secara visual mata.

Saat ini aplikasi wavelet sedang mendapat banyak perhatian di dunia penelitian, salah satunya adalah untuk menganalisis citra. Sebagai teknik analisis sinyal diskret 2-dimensi, misalnya citra, wavelet mendekomposisi sinyal menjadi sinyal rata-rata, detil vertikal, horisontal dan diagonal pada beberapa level yang diinginkan. Atau, wavelet mendekomposisi sinyal asli menjadi sinyal-sinyal pada beberapa band frekuensi (dinamakan *analisis multi-resolusi*). Analisis dapat dilakukan dengan *Discrete Wavelet Transform* (Mallat, 1999) atau teknik dekomposisi standard dan non-standard dengan wavelet Haar (Chakrabarti, 2000, Natsev, 1999). Penciri (*signature*) citra yang

dibangkitkan dengan wavelet diambil dari koefisien wavelet pada level tertentu (misalnya 3, 4 atau 5) dan dapat berukuran jauh lebih kecil dari citra asli.

#### 2.2.4. Pengertian Penambangan Data

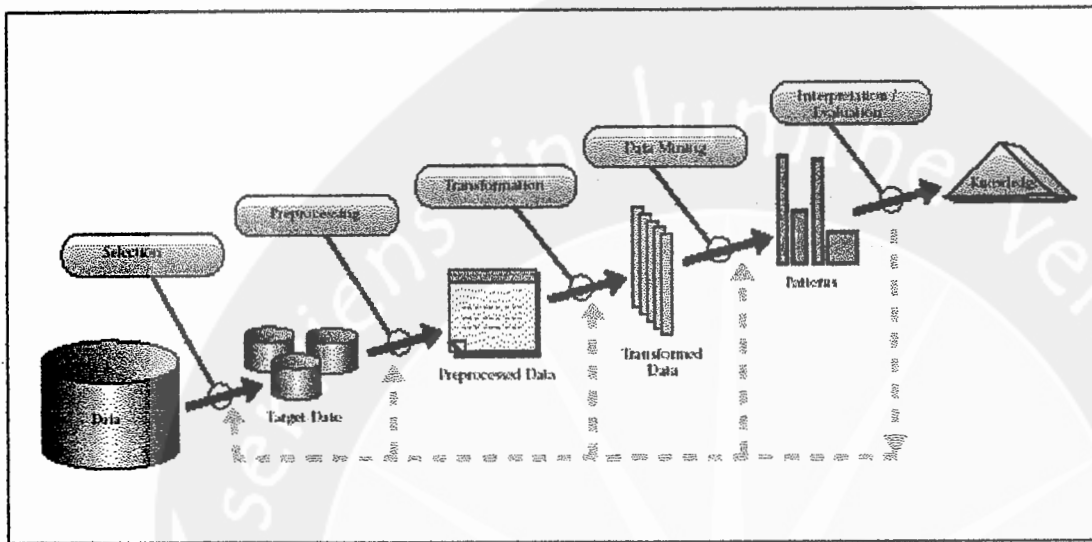
Dalam dunia pengolahan data berkembang suatu teknik yang disebut penambangan data. Teknik penambangan data bertujuan meng-ekstrak informasi secara otomatis dan *realtime* dari suatu media penyimpanan data yang besar. Algoritma yang digunakan secara umum merupakan turunan dari algoritma statistik, *pattern recognition*, *machine learning*, dan basisdata. Penambangan data merupakan proses mengidentifikasi kebenaran, ide baru, potensial berguna, dan pada akhirnya dapat dipahami, pengetahuan dari basisdata untuk membuat keputusan bisnis yang penting. Secara teknis, penambangan data merupakan proses menemukan korelasi atau pola data dari banyak *field* pada basisdata relasional yang berukuran besar.

Penambangan data dapat juga digambarkan sebagai suatu proses menemukan pengetahuan baru yang menarik, seperti pola, asosiasi, aturan, perubahan, keganjilan dan struktur penting dari sejumlah besar data yang disimpan pada bank data dan tempat penyimpanan informasi lainnya. Istilah penambangan data dan *knowledge discovery in databases* (KDD) sering kali digunakan secara bergantian untuk menjelaskan proses penggalian informasi tersembunyi dalam suatu basisdata yang besar. Sebenarnya kedua istilah tersebut memiliki konsep yang berbeda akan tetapi berkaitan satu sama lain. Dan salah satu tahapan dalam keseluruhan proses KDD adalah penambangan data seperti terlihat pada gambar 2.2.

Secara umum, proses KDD terdiri dari langkah-langkah di bawah ini (Fayyad,1996):

1. Pemilihan data (*data selection*), pemilihan data relevan yang didapat dari basisdata;
2. Pembersihkan data (*data cleaning*), proses menghilangkan *noise* dan data yang tidak konsisten atau data tidak relevan;
3. Pengintegrasian data (*data integration*), penggabungan data dari berbagai basisdata ke dalam satu basisdata baru;
4. Transformasi data, data diubah atau digabung ke dalam format yang sesuai untuk diproses dalam *data mining*;

5. *Data mining*, suatu proses di mana metoda diterapkan untuk menemukan pengetahuan berharga dan tersembunyi dari data;
6. Evaluasi pola (*pattern evaluation*), untuk mengidentifikasi pola-pola menarik untuk di representasikan kedalam *knowledge based*;
7. Representasi pengetahuan (*knowledge presentation*), visualisasi dan penyajian pengetahuan mengenai teknik yang digunakan untuk memperoleh pengetahuan yang diperoleh pengguna.



**Gambar 2.2.** Proses *Knowlegde Discovery in Database (KDD)*

KDD mencakup keseluruhan proses pencarian pola atau informasi dalam basisdata, dimulai dari pemilihan dan persiapan data sampai representasi pola yang ditemukan dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh pihak yang berkepentingan. Penambangan data merupakan salah satu komponen dalam KDD yang difokuskan pada penggalian pola tersembunyi dalam basisdata.

## 2.2.5 Pengertian Basisdata

### 2.2.5.1 Konsep Basisdata

Basisdata (*database*) adalah sebuah istilah yang sering didengar baik dalam bidang teknik informatika maupun dalam kehidupan sehari-hari. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam basisdata ini, diantaranya adalah bagaimana membangun sebuah

basisdata untuk aplikasi tertentu dengan benar. Sebelum melangkah lebih lanjut mengenai basisdata, ada baiknya jika diketahui terlebih dahulu konsep dari basisdata.

Dapat dianalogikan sebuah basisdata dengan sebuah lemari arsip. Lemari arsip digunakan untuk menyimpan arsip dengan tata cara penyimpanan tertentu, misalkan berdasarkan tanggal penyimpanan arsip. Di dalam lemari tersebut akan tersimpan beberapa map yang didalamnya akan tersimpan beberapa lembar surat. Dalam basisdata map tersebut dianalogikan dengan *berkas* dan surat yang ada di dalamnya dianalogikan dengan tabel-tabel data. Surat yang tersimpan akan terdiri atas beberapa bagian, misalkan surat identitas mahasiswa akan tertulis daftar isian beserta isinya, yaitu nama, nomor induk mahasiswa, alamat, dan tanggal lahir. Daftar isian akan dikenal dengan *field* sedangkan isinya dikenal dengan data itu sendiri.

#### 2.2.5.2 Definisi Basisdata

Basisdata dapat didefinisikan dengan beberapa cara, antara lain adalah sebagai berikut:

- ❖ Himpunan kelompok data (arsip) yang saling berhubungan yang diorganisasi sedemikian rupa agar kelak dapat dimanfaatkan kembali dengan cepat dan mudah.
- ❖ Kumpulan data yang saling berhubungan yang disimpan secara bersama sedemikian rupa dan tanpa pengulangan (redundansi) yang tidak perlu, untuk memenuhi berbagai kebutuhan.
- ❖ Kumpulan *berkas/tabel/arsip* yang saling berhubungan yang disimpan dalam media penyimpan elektronik.

Berdasarkan ketiga definisi di atas dapat diperoleh tiga buah kata kunci, yaitu pengaturan, kemudahan, dan kecepatan.

#### 2.2.5.3 Tujuan Dibangunnya Sebuah Basisdata

- Kecepatan dan kemudahan (*Speed*)  
Hal ini berkaitan dengan menyimpan, memanipulasi dan menampilkan kembali data dengan cepat dan mudah
- Efisiensi ruang penyimpanan (*Space*)  
Penekanannya adalah mengurangi terjadinya redundansi data atau kerangkapan data.

Dengan semakin sedikit redundansi maka kebutuhan akan media penyimpan juga akan semakin sedikit.

➤ Keakuratan (*Accuracy*)

Pemanfaatan pengkodean/pembentukan relasi adalah untuk menghindari ketidakakuratan. Masalah ini harus diperhatikan dalam melakukan perancangan sebuah basisdata.

➤ Ketersediaan (*Availability*)

Pertumbuhan data yang membutuhkan *space* yang besar, maka data harus dipilah sebagai data master/referens/transaksi/histori. Data dapat diset *on-line*, *off-line*, disebar di banyak tempat, atau direplikasi.

➤ Kelengkapan (*Completeness*)

Lengkap adalah relatif, sehingga penambahan data dan/atau struktur data dapat diakomodasi.

➤ Keamanan (*Security*)

Penentuan siapa yang berhak mengakses obyek-obyek tertentu dan operasi apa yang diperbolehkan.

➤ Kebersamaan pemakai (*Shareability*)

Pemakai basisdata tidak terbatas pada satu pemakai saja, sehingga perlu diperhatikan bagaimana dapat menciptakan mekanisme agar sebuah basisdata dapat digunakan oleh banyak orang tanpa menyebabkan kekacauan pada basisdata.

### 2.2.6. Pengertian Citra

Pada era informasi saat ini peranan suatu data atau informasi sangatlah penting, data atau informasi tersebut dapat berupa citra (gambar), teks, audio, dan video. Oleh karena pentingnya data atau informasi tersebut maka perkembangan teknologi pengolahannya berkembang dengan pesat serta banyak diminati oleh peneliti untuk mengembangkan teknologinya supaya lebih baik lagi. Sebagai contoh proses pengolahan citra perkembangan metode atau algoritmanya banyak diteliti, mulai dari proses peningkatan kualitas citra sampai dengan pemampatan citra.

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel,  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan nilai  $f(x,y)$  merupakan intensitas citra pada koordinat tersebut. Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital

berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue* - RGB).

Sebuah citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses pengubahan adalah sebagai berikut sumber cahaya menerangi obyek, obyek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan obyek yang disebut citra tersebut terekam.

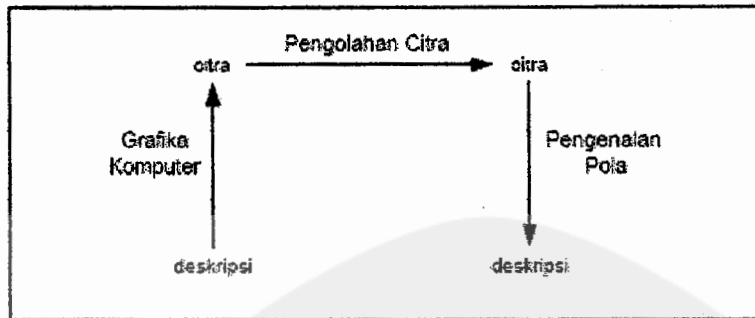
Proses mengubah citra ke bentuk digital tersebut dapat dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya *scanner*, kamera digital, dan *handycam*. Ketika sebuah citra sudah diubah ke dalam bentuk digital (selanjutnya disebut citra digital), bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut.

#### **2.2.6.1. Pengantar Pengolahan Citra**

Pada dasarnya ada tiga bidang yang menangani pengolahan data berbentuk citra, yaitu grafika komputer, pengolahan citra, dan pengenalan pola. Grafika komputer banyak melakukan proses yang bersifat sintesis yang mempunyai ciri data masukan berbentuk deskriptif dengan keluaran hasil proses yang berbentuk gambar, Contoh data deskriptif adalah koordinat titik, panjang garis, jari-jari lingkaran, tebal garis, warna, dan sebagainya. Sedangkan pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan. Termasuk ke dalam bidang ini juga adalah pemampatan citra (*image compression*). Pengenalan Pola mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh mesin (dalam hal ini komputer). Tujuan pengelompokan adalah untuk mengenali suatu obyek di dalam citra. Manusia bisa mengenali obyek yang dilihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi obyek-obyek di alam sehingga mampu membedakan suatu obyek dengan obyek lainnya. Kemampuan sistem visual manusia inilah yang dicoba ditiru oleh mesin. Komputer menerima masukan berupa citra obyek yang akan diidentifikasi, memproses citra



tersebut, dan memberikan keluaran berupa deskripsi obyek di dalam citra. Keterkaitan dari tiga bidang tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Keterkaitan Tiga Bidang Pengolahan Data berbentuk Citra

(Sumber : Munir, 2004)

Namun dalam perkembangannya pengenalan pola sering merupakan juga bagian dari pengolahan citra seperti misalnya proses klasifikasi citra. Oleh karena itu perbedaan tiga bidang tersebut berubah menjadi grafika computer, pengolahan citra, dan visi computer (*Computer Vision*), dimana pengenalan pola menjadi bagian dari pengolahan citra dan juga bagian dari visi computer.

*Computer vision* merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*), dan membuat keputusan. *Computer vision* terdiri dari teknik-teknik untuk mengestimasi ciri-ciri obyek di dalam citra, pengukuran ciri yang berkaitan dengan geometri obyek, dan menginterpretasi informasi geometri tersebut. Mungkin berguna untuk diingat persamaan berikut :

$$Vision = Geometry + Measurement + Interpretation$$

Proses-proses di dalam *computer vision* dapat dibagi menjadi tiga aktivitas :

1. Memperoleh atau mengakuisisi citra digital.
2. Melakukan teknik komputasi untuk memproses atau memodifikasi data citra (operasi-operasi pengolahan citra).
3. Menganalisis dan menginterpretasi citra dan menggunakan hasil pemrosesan untuk tujuan tertentu, misalnya memandu robot, mengontrol peralatan, memantau proses manufaktur, dan lain -lain.

### 2.2.6.2. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan proses pengelompokan seluruh piksel pada suatu citra ke dalam sejumlah kelas, sehingga setiap kelas merepresentasikan suatu entitas dengan properti yang spesifik atau dengan ciri tertentu. Piksel-piksel dalam citra dianalisis secara random dengan metode pengenalan pola secara statistika. Tujuan metode pengenalan pola adalah untuk mengklasifikasi dan mendeskripsikan pola atau obyek melalui pengukuran sifat-sifat atau ciri-ciri obyek bersangkutan. Tujuan utama klasifikasi citra adalah menghasilkan peta tematik dimana suatu warna mewakili suatu obyek tertentu. Contoh obyek yang berkaitan dengan permukaan bumi antara lain hutan, air, dataran tinggi, dataran rendah, hutan, sawah, dan lain-lain. Secara umum algoritma klasifikasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu terbimbing (*supervised*) dan takterbimbing (*unsupervised*). Proses klasifikasi terbimbing merupakan proses klasifikasi citra yang dilakukan dengan memasukkan setiap piksel citra ke dalam suatu kategori obyek yang sudah diketahui. Sedangkan proses klasifikasi takterbimbing merupakan proses memasukkan pola ke dalam pola yang belum dikenal. Proses klasifikasi takterbimbing ini sering juga disebut sebagai proses cluster. Pemilihan algoritma klasifikasi bergantung pada ketersediaan data awal pada citranya. Tingkat keakuratan klasifikasi tergantung pada :

1. Pemisahan kelas (*Class Separability*)
2. Ukuran sample pelatihan (*Training Sample Size*)
3. Jumlah spektral band
4. Jenis klasifikasi atau fungsi pemisah

Tingkat keakuratan klasifikasi akan semakin tinggi apabila nilai parameter kelas tepat, penggunaan pemisahan kelas bertambah, perbandingan antara ukuran sample pelatihan dengan jumlah spectral band semakin besar dan pemilihan jenis dan algoritma klasifikasi yang tepat (Sebayang, 2002).

### **2.2.6.3. Klasifikasi Citra Terbimbing**

Kata terbimbing mempunyai arti berdasarkan suatu referensi penunjang, dimana kategori obyek-obyek yang terkandung pada citra telah dapat diidentifikasi. Proses klasifikasi mulai dengan mempelajari yang akan diklasifikasi dan membandingkannya dengan informasi referensi penunjang yang tersedia. Berdasarkan referensi penunjang kemudian dibentuk suatu himpunan sample yang elemennya terdiri dari piksel-piksel yang mewakili setiap kategori obyek yang telah diidentifikasi, biasanya dipilih piksel-piksel dengan variasi besar, sehingga dapat mencerminkan karakter kelompok obyek bersangkutan. Proses dilanjutkan dengan melakukan perhitungan nilai statistik seperti harga rerata dan matriks kovarian setiap obyek. Nilai-nilai statistik tersebut merupakan hasil sementara yang berbentuk deskripsi, yang kemudian akan digunakan sebagai dasar proses klasifikasi citra.

### **2.2.6.4. Klasifikasi Citra Takterbimbing**

Apabila dalam proses klasifikasi tidak menggunakan suatu referensi penunjang, maka proses tersebut disebut klasifikasi citra takterbimbing. Hal ini berarti bahwa proses tersebut hanya dilakukan berdasarkan perbedaan tingkat keabuan setiap piksel pada citra. Pengelompokan piksel menjadi beberapa kategori obyek yang disebut sebagai cluster dilakukan melalui proses clustering.

Pada akhir proses clustering, biasanya dilakukan proses asosiasi antara obyek dan cluster yang terbentuk, proses tersebut merupakan proses identifikasi cluster menjadi kategori obyek tertentu. Proses identifikasi ini dapat ditempuh dengan dua cara. Pertama adalah yang disebut dengan pendekatan takterbimbing penuh, yang hanya dilakukan berdasarkan informasi yang diperoleh pada proses clustering. Cara kedua adalah yang disebut dengan pendekatan takterbimbing kombinasi, yang biasanya ditempuh dengan maksud untuk mempertinggi ketelitian klasifikasi. Pada pendekatan takterbimbing kombinasi ini digunakan informasi dari suatu referensi penunjang.

### **2.2.6.5. Aplikasi Klasifikasi Citra**

Ada beberapa tujuan atau maksud penggunaan klasifikasi citra, misalnya pada biomedis, penginderaan jauh, dan robotik.

#### **a. Aplikasi Biomedis**

Analisis citra dalam bentuk deteksi atau identifikasi obyek dapat dilakukan melalui tahap proses klasifikasi citra ke beberapa obyek dan proses perbandingan antara ciri obyek yang diamati dengan pengetahuan ciri obyek yang sudah diketahui. Proses diagnosis yang dilakukan berdasarkan hasil pengolahan citra ini, kadang-kadang tidak cukup hanya dengan melihat perbedaan tingkat keabuan elemen gambar antara bagian yang sakit dan bagian yang sehat, akan tetapi juga melalui perbedaan ukuran bagian tubuh yang diamati dengan bagian tubuh dalam keadaan normal. Pengukuran besarnya suatu obyek dalam gambar dapat dilakukan dengan penghitungan jumlah piksel yang menyatakan tingkat keabuan kategori obyek tersebut.

#### **b. Aplikasi Penginderaan Jauh**

Proses yang biasanya diperlukan untuk mendapatkan hasil akhir analisis citra satelit adalah pembuatan peta tematik, dimana diperoleh peta suatu daerah bumi yang menunjukkan klasifikasi atau kategori obyek yang dikaitkan dengan lokasinya pada permukaan bumi. Proses klasifikasi ini dapat dilakukan secara terbimbing yaitu menggunakan data patokan atau referensi, atau secara tak terbimbing yang dilakukan hanya berdasarkan informasi dari citra yang dianalisis tanpa menggunakan informasi tambahan lainnya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik atau lebih teliti, sering digunakan kombinasi keduanya. Klasifikasi citra dapat dilakukan baik berdasarkan wilayah obyek maupun per piksel. Pengklasifikasi wilayah bekerja baik untuk daerah-daerah yang homogen, sedangkan untuk daerah-daerah yang tidak homogen akan lebih baik jika digunakan pengklasifikasian piksel.

#### **c. Aplikasi Robotik**

Proses pengenalan obyek sering digunakan pada pengolahan citra untuk aplikasi bidang robotik. Proses pengenalan obyek dapat dimulai dengan deteksi tepi pada citra dua dimensi yang merupakan citra hasil pengamatan beberapa tampak dari suatu obyek,

kemudian berdasarkan hasil tersebut, ditentukan bentuk obyek tiga dimensi yang terkandung pada citra-citra tersebut. Proses tersebut biasanya dibutuhkan proses deteksi tepi, pengenalan pola, dan klasifikasi,

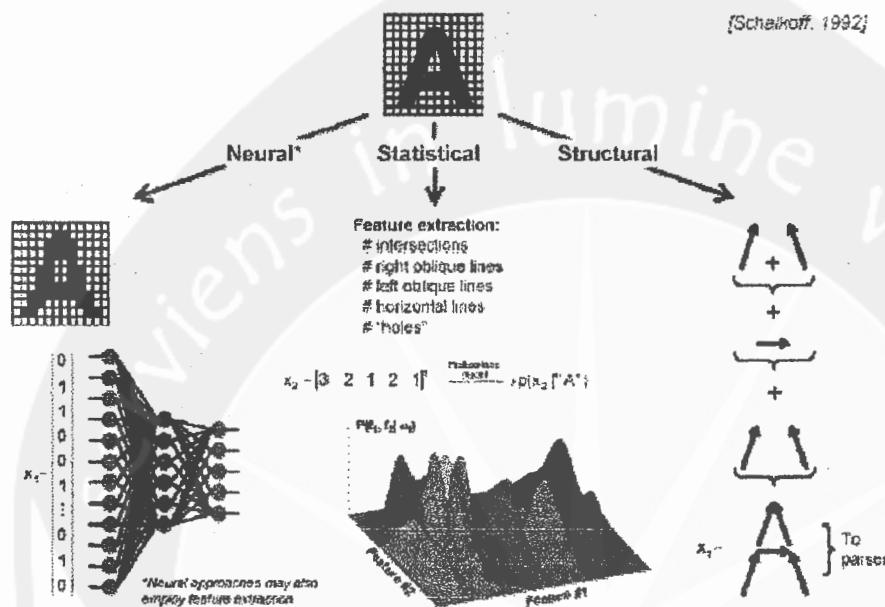
### 2.2.7. Citra Satelit

Citra Satelit, data ini menggunakan satelit sebagai wahananya. Satelit tersebut menggunakan sensor untuk dapat merekam kondisi atau gambaran dari permukaan bumi. Umumnya diaplikasikan dalam kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan sumber daya alam di permukaan bumi (bahkan ada beberapa satelit yang sanggup merekam hingga dibawah permukaan bumi), studi perubahan lahan dan lingkungan, dan aplikasi lain yang melibatkan aktifitas manusia di permukaan bumi. Kelebihan dari teknologi terutama dalam dekade ini adalah dalam kemampuan merekam cakupan wilayah yang luas dan tingkat resolusi dalam merekam obyek yang sangat tinggi. Data yang dihasilkan dari citra satelit kemudian diturunkan menjadi data tematik dan disimpan dalam bentuk basisdata untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi.

Ada dua cara mengekstrak informasi dari citra satelit yaitu secara manual atau pengolahan citra. Cara yang pertama biasa dilakukan dengan interpretasi maupun delineasi secara manual di kertas maupun di layar monitor. Cara ini paling banyak dipakai meskipun sangat menghabiskan waktu dan bersifat subyektif. Cara yang kedua dengan pengolahan citra dengan metoda klasifikasi. Sebelum muncul citra resolusi tinggi, klasifikasi citra yang banyak dipakai misalnya maksimum likelihood, minimum distance ataupun nearest neighborhood. Namun semua model klasifikasi tersebut kurang sesuai untuk citra resolusi tinggi. Sehingga beberapa pendekatan muncul diantaranya jaringan saraf tiruan (*artificial neural network* (ANN)). Teknik ini berprinsip pada tiga layer: input, output, dan hidden. Pelatihan dipakai untuk klarifikasi dari model yang ada. Selain itu menggunakan analisis tekstur yang merupakan perkembangan dari radar interpretasi, serta metoda lainnya adalah gabungan dari piksel fuzzy dan pendekatan berdasar obyek.

### 2.2.8. Pengenalan Pola

Terdapat tiga pendekatan dalam proses pengenalan pola, yaitu jaringan saraf tiruan, pendekatan statistik dan pendekatan struktural atau sintaktik. Tahapan pada pendekatan statistik, pembedaan antara obyek dilakukan berdasarkan ciri obyek dan fungsi kerapatan pola. Sedangkan tahapan pada pendekatan struktural, dilakukan melalui penentuan primitif yang dapat menggambarkan obyek bersangkutan dan penyusunan tata bahasanya.



**Gambar 2.4.** Tiga Teknik Pengenalan Pola : Neural (JST), Statistik, dan Struktural

Dalam metode jaringan syaraf tiruan, pemilahan dilakukan berdasarkan tanggapan suatu neuron jaringan pengolah sinyal (neuron) terhadap stimulus masukan (pola). Pengetahuan disimpan dalam sambungan antar neuron dan kekuatan pembobot sinaptik. Jaringan saraf tiruan dapat dilatih, non-algoritmik, dan memakai strategi kotak hitam. Jaringan saraf tiruan sangat menarik karena :

- a. pengetahuan apriori yang diperlukan sangat sedikit
- b. jumlah lapisan dan neuron secukupnya, jaringan saraf tiruan dapat membentuk semua jenis daerah keputusan yang kompleks.

### 2.2.9. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) telah diketahui memiliki kemampuan yang sangat baik untuk melakukan berbagai proses klasifikasi. Salah satu klasifikasi yang sering dilakukan dengan menerapkan JST adalah pada permasalahan klasifikasi citra. Namun penerapan JST pada masalah klasifikasi citra sering membutuhkan waktu proses pembelajaran yang cukup lama yang disebabkan oleh besarnya jumlah data *input*. Penggunaan data seperti ini dikenal sebagai penggunaan data yang bersifat mentah. Data *input* sebuah citra diambil secara langsung untuk diberikan sebagai data pembelajaran dalam algoritma JST.

Klasifikasi citra sangat penting dilakukan untuk melihat obyek yang berada pada satu citra baik citra medik, citra pengindraan jauh atau citra lain misalnya citra mikroskop dari laboratorium material. Citra medik dapat berupa citra Ultrasonography (USG), citra Magnetic Resonansi Inti (MRI) atau citra CT-Scan. Klasifikasi pada citra medik pada umumnya untuk melihat batas sel yang sakit dan sehat, contohnya citra untuk melihat sel yang terkena kanker pada paru-paru, otak dan jantung. Klasifikasi citra pengindraan jauh untuk melihat batas kelas penutup lahan pada satu daerah, contoh kelas penutup lahan ialah hutan, rawa, lahan terbuka, sungai, persawahan dan lainnya. Citra pada pengindraan jauh dapat berupa citra optik atau citra radar.

Klasifikasi pada citra optik lebih mudah untuk dilakukan karena langsung terlihat kelas penutup lahannya, tetapi memiliki kesulitan karena masalah tutupan awan. Citra pada optik dari satu daerah negara beriklim tropik seperti Indonesia sering terganggu tutupan awan. Untuk menghindari masalah tutupan awan dapat digunakan alternatif lain yaitu menggunakan citra Radar. Citra radar dapat terbebas dari tutupan awan tetapi sangat sulit diinterpretasikan karena citra berupa rona dan bertekstur. Segmentasi dan klasifikasi citra Radar dapat menggunakan beberapa pendekatan seperti pendekatan Statistik, pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan, pendekatan logika Fuzzy, maupun kombinasi pendekatan Statistik dan pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan. Contoh penelitian klasifikasi citra radar, dalam hal ini Synthetic Aperture Radar (SAR), menggunakan pendekatan statistik dipublikasikan pada pustaka (Fjortoff et al, 2003). Dari beberapa contoh hasil penelitian klasifikasi ada yang harus diberikan perhatian yaitu adanya pendapat bahwa klasifikasi citra SAR lebih baik menggunakan pendekatan

Jaringan Syaraf Tiruan dengan alasan nilai rona piksel pada citra SAR tidak memiliki distribusi tertentu sehingga agak sulit bila menggunakan pendekatan statistik (Benediktson and Swain, 1990), sedangkan pada pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan nilai rona piksel bebas model. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan dapat berupa Back Propagation (BP) atau Radial Base Function (RBF).

#### 2.2.10. Jaringan Saraf Tiruan *Learning Vector Quantization (LVQ)*

Jaringan Saraf Tiruan yang selanjutnya akan disingkat dengan JST adalah sebuah sistem pengolahan informasi yang karakteristik kinerjanya menyerupai jaringan saraf biologis. Sifat karakteristik ini meliputi pola koneksi antarneuron, metode untuk menentukan bobot pada koneksi pada neuron dan fungsi aktivasi pada neuron.

JST menyediakan sebuah pendekatan yang efektif untuk jangkauan yang luas dalam aplikasinya. JST dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah yang menyangkut pola-pola. Sebagai contoh JST dapat digunakan untuk identifikasi pola angka, yaitu dengan cara melatih atau mengajarkan sehimpunan angka pada jaringan. JST dilatih dengan himpunan yang berisi angka sebagai masukan bersama dan dengan identifikasi yang benar untuk masing-masing angka. Setelah pelatihan selesai, JST ini dapat mengidentifikasi angka yang telah dipelajari.

Masukan pada JST ini dapat berupa citra, simbol, atau bilangan, tetapi untuk pengolahannya selalu diubah menjadi sekumpulan bilangan yang disebut vektor masukan. Keluaran JST ini vektor yang juga dapat dikembalikan lagi menjadi citra, simbol, atau bilangan. Jadi saraf (*neuron*) bekerja dengan masukan dan keluaran numeris.

LVQ merupakan suatu metode untuk melakukan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terbimbing. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan klasifikasi terhadap vektor input yang diberikan. Apabila beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama.

Vektor bobot untuk suatu unit keluaran sering dinyatakan sebagai sebuah vektor referensi. Diasumsikan bahwa serangkaian pola pelatihan dengan klasifikasi yang tersedia bersama dengan distribusi awal vektor referensi.

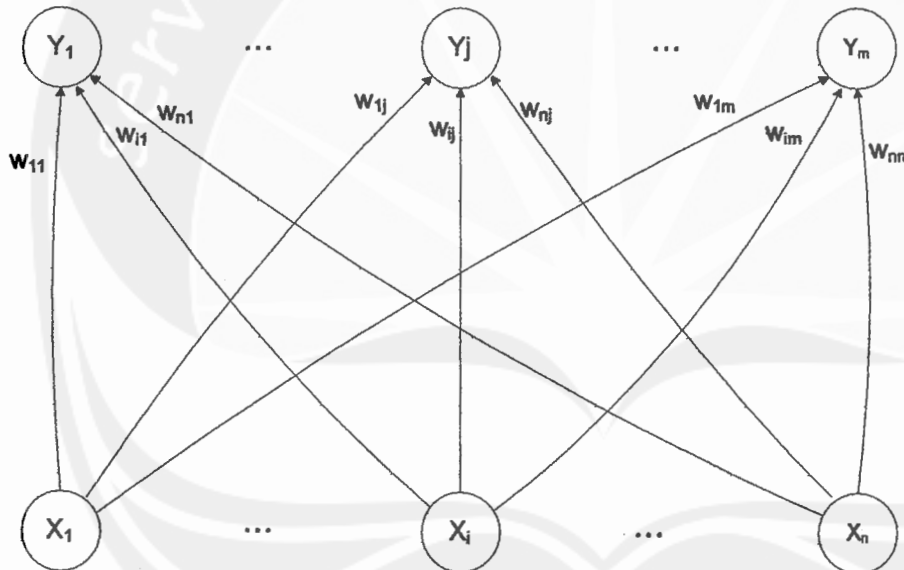


Setelah pelatihan, jaringan LVQ mengklasifikasi vektor masukan dengan menugaskan ke kelas yang sama sebagai unit keluaran, sedangkan yang mempunyai vektor referensi diklasifikasikan sebagai vektor masukan.

Pada dasarnya LVQ merupakan suatu metode klasifikasi pola yang masing-masing unit keluaran mewakili kategori atau kelas tertentu (beberapa unit keluaran seharusnya digunakan untuk masing-masing kelas).

### Arsitektur jaringan LVQ

Arsitektur dari sebuah jaringan LVQ dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada gambar tersebut, diperlihatkan unit masukan ( $X_n$ ) dan unit keluaran ( $Y_m$ ). LVQ merupakan jaringan saraf dengan tipe arsitektur jaringan lapis-tunggal umpan-maju (*Single Layer Feedforward*). Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak antara suatu vektor masukan ke bobot yang bersangkutan ( $w_j$ ). Jika dua vektor masukan mendekati jarak yang sama maka kedua vektor tersebut diletakkan pada kelas yang sama.



**Gambar 2.5.** Jaringan Saraf *Learning Vector Quantization (LVQ)* (Fausett, 1994)

### Algoritma pelatihan (Fausett, 1994)

Langkah-langkah pelatihan jaringan LVQ adalah sebagai berikut:

L 0.a. Inisialisasi vektor bobot awal dengan vektor pola pembelajaran pertama dari tiap kelas.

$$W_1^k = X_1^k \text{ untuk } k=1,2,\dots,M$$

dengan

$X_1^k$  = vektor pola pembelajaran pertama dari kelas ke-k

$W_1^k$  = vektor bobot pertama kelas ke-k

M = Jumlah kelas

b. Inisialisasi laju pelatihan (*learning rate*,  $\alpha(0)$ ), maksimum iterasi (*epoch*), minimum *learning rate* yang diharapkan

L 1. Jika kondisi berhenti salah, kerjakan 2-6.

L 2. Untuk tiap vektor input pelatihan  $x$ , kerjakan 3-4.

L 3. Tentukan  $J$  sedemikian hingga  $\|x - w_j\|$  minimum (sebut sebagai  $C_j$ ).

$C_j$  adalah jarak antara pola pembelajaran dan vektor bobot yang diperoleh dengan persamaan berikut.

$$C_j = \left( \sum_{i=0}^{N-1} (X_{ip}^k - W_{ij}^k)^2 \right)^{1/2}$$

dengan:

$X_{ip}^k$  = komponen ke- $i$  pada pola pembelajaran ke- $p$  pada kelas ke- $k$

$W_{ij}^k$  = komponen ke- $i$  vektor bobot ke- $j$  tiap kelas ke- $k$

N = dimensi pola pembelajaran

L 4. Tentukan apakah kelas dari vektor bobot dengan jarak minimum di antara semua  $C_j$  sama dengan kelas pola pembelajaran.

Perbaiki  $W_j$  dengan ketentuan:

- Jika  $T = C_j$ , maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha [X - W_j(\text{lama})]$$

- Jika  $T \neq C_j$ , maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) - \alpha [X - W_j(\text{lama})]$$

dengan:

$T$  = kategori atau kelas yang benar untuk vektor pelatihan (kelas target)

L 5. Kurangi laju pelatihan ( $\alpha$ )

Dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \alpha - \alpha (\text{dec } \alpha)$$

L 6. Test kondisi berhenti:

Kondisi telah mencapai maksimum iterasi (*epoch*) atau pesat pembelajaran  $m(\alpha)$  mencapai nilai yang cukup kecil.

Setelah dilakukan pelatihan, akan diperoleh bobot-bobot akhir ( $W$ ). Bobot-bobot ini nantinya akan digunakan untuk melakukan simulasi atau pengujian.

### Prosedur Aplikasi (Algoritma pengujian)

Prosedur aplikasi pada jaringan *Learning Vector Quantization*:

L 1. Masukkan data yang akan diuji, misal:  $X_{ij}$ ;

dengan  $i = 1, 2, \dots, n$ ; dan  $j = 1, 2, \dots, m$ .

L 2. Kerjakan untuk  $i=1$  sampai  $n$

- a. Tentukan  $j$  sedemikian hingga  $\|x - w_j\|$  minimum; dengan  $j=1, 2, \dots, m$
- b.  $J$  adalah kelas untuk  $X_i$ .

## **BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Pada dasarnya tujuan penelitian ini dibagi menjadi dua, tujuan pertama menghasilkan fungsi gelombang-singkat yang cocok untuk pemampatan citra satelit. Kemudian yang tujuan kedua menerapkan hasil penelitian yang pertama untuk melakukan pengenalan pola citra satelit sehingga dapat digunakan untuk deteksi dini atau ekstraksi ciri suatu bencana alam.

Penelitian tahun 1 bertujuan untuk menghasilkan suatu fungsi gelombang-singkat yang cocok digunakan untuk pemampatan citra satelit sehingga bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses CPU (*Central Processing Unit*), dan apabila menggunakan jaringan komputer, data yang sudah dimampatkan tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga dapat menghemat waktu pengirimannya. Pemampatan citra ini diperlukan karena data citra terdiri dari kombinasi informasi dan redundansi, bagian informasi adalah bagian data yang dipertahankan keberadaannya karena mengandung makna dan peruntukan data. Sedangkan bagian redundansi merupakan bagian data yang dapat direduksi, dimampatkan, atau dihilangkan. Selain itu sifat data citra yang menghabiskan banyak memori. Banyaknya memori yang dihabiskan oleh gambar-gambar ini maka kemampuan penyimpanan data citra menjadi berkurang.

Penelitian tahun 2 menerapkan hasil dari penelitian tahun 1 untuk melakukan pengenalan pola citra satelit sehingga dapat digunakan untuk deteksi dini atau ekstraksi ciri suatu bencana alam. Hasil penelitian ini akan sangat bermanfaat dalam mengantisipasi akan terjadinya bencana alam sehingga dapat mengurangi atau meniadakan korban jiwa.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Pada dasarnya ada 2 hal manfaat penelitian ini, yaitu hasil utama dari penelitian pada tahun pertama ini adalah dapat menentukan fungsi gelombang-singkat yang sesuai untuk pemampatan basisdata citra satelit yang banyak dan ukurannya per citra biasanya sangat besar. Penentuan fungsi gelombang-singkat yang sesuai ini sangat bermanfaat

untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses *Central Processing Unit*, dan dapat menghemat waktu pengirimannya. Hal ini merupakan manfaat penelitian tahun pertama. Manfaat penelitian tahun kedua ialah membuat program pengenalan pola citra satelit dengan pemrosesan awal gelombang-singkat. Program pengenalan pola citra satelit dapat digunakan untuk melakukan prediksi atau deteksi dini bencana alam.



## BAB IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian dengan kaji pustaka dan eksperimen. Kaji Pustaka mencari beberapa fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang sudah ada dan penulisan source code. Sedangkan kaji eksperimen dilakukan untuk menguji fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang cocok atau sesuai untuk pemampatan citra satelit.

### 4.1. Kaji Pustaka

Kaji Pustaka dilakukan di Laboratorium Komputasi Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Fasilitas yang diperlukan adalah 1 buah PC dengan spesifikasi minimal Pentium IV 3.2 MHz dengan RAM 1 GB dan hardisk berkapasitas 80 GB, Sistem operasi Windows dilengkapi dengan excel serta paket program Matlab 6.5 untuk pengolahan dan visualisasi hasil perhitungan. Jaringan Internet diperlukan untuk komunikasi dengan para anggota peneliti dan pencarian literatur.

### 4.2. Kaji Eksperimen

Kaji eksperimen dilakukan di laboratorium Komputasi Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Fasilitas yang diperlukan adalah 1 buah PC dengan spesifikasi minimal Pentium IV 3.2 MHz dengan RAM 1 GB dan hardisk berkapasitas 80 GB, Sistem operasi Windows dilengkapi dengan Excel serta paket program Matlab 6.5 untuk pengolahan dan visualisasi hasil perhitungan.

### 4.3. Jalannya Penelitian

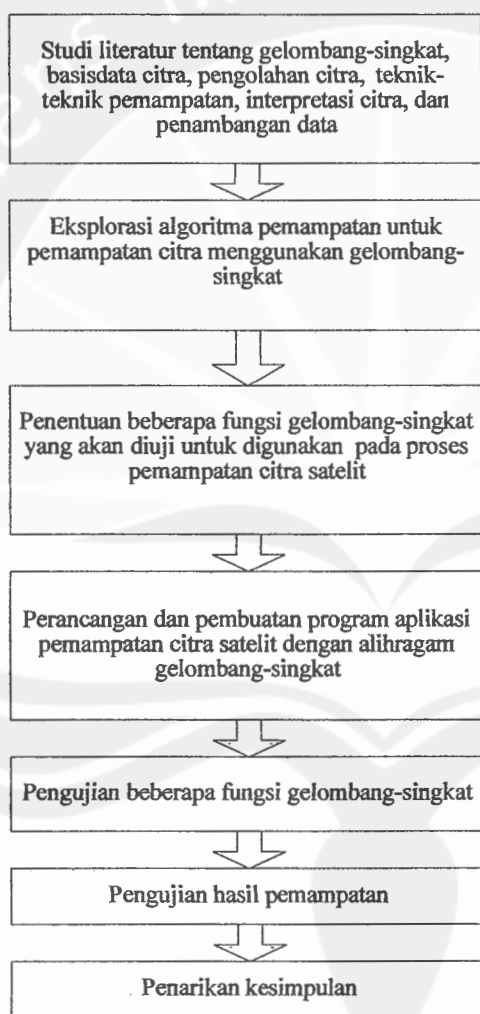
#### Jalannya Penelitian Tahun I :

Penelitian Tahun I ini dikerjakan dengan melakukan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur tentang gelombang-singkat, basisdata citra, pengolahan citra, teknik-teknik pemampatan, interpretasi citra, dan penambangan data.
2. Eksplorasi algoritma pemampatan untuk pemampatan citra menggunakan gelombang-singkat dalam rangka penambangan data.

3. Penentuan beberapa fungsi gelombang-singkat yang akan diuji untuk digunakan pada proses pemampatan citra satelit.
4. Perancangan dan pembuatan program aplikasi pemampatan citra satelit dengan alihragam gelombang-singkat.
5. Pengujian beberapa fungsi gelombang-singkat yang akan digunakan dalam proses pemampatan citra satelit.
6. Pengujian PSNR (dB), rasio kompresi (%), bit per piksel, dan level dekomposisi.
7. Dari hasil pengamatan kemudian ditarik kesimpulan.

### **Bagan Alir Penelitian Tahun 1**



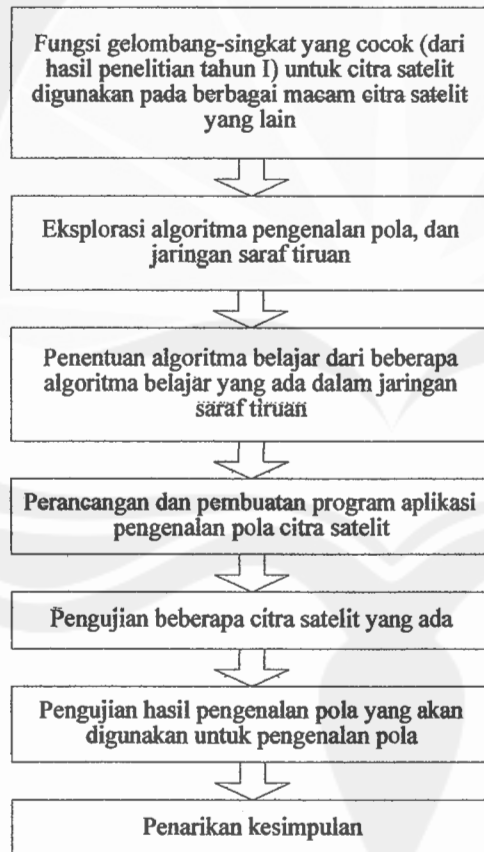
**Gambar 4.1.** Bagan Alir Penelitian Tahun 1

## Jalannya Penelitian Tahun 2 :

Penelitian Tahun II ini dikerjakan dengan melakukan tahapan sebagai berikut:

1. Fungsi gelombang-singkat yang cocok (dari hasil penelitian tahun I) untuk citra digunakan pada berbagai macam basisdata citra yang lainnya.
2. Eksplorasi algoritma pengenalan pola, dan jaringan saraf tiruan.
3. Penentuan algoritma belajar dari beberapa algoritma belajar yang ada dalam jaringan saraf tiruan.
4. Perancangan dan pembuatan program aplikasi pengenalan pola citra satelit .
5. Pengujian beberapa citra satelit yang ada.
6. Pengujian hasil pengenalan pola yang akan digunakan untuk pengenalan pola.
7. Dari hasil pengamatan kemudian ditarik kesimpulan.

## Bagan Alir Penelitian Tahun 2



Gambar 4.2. Bagan Alir Penelitian Tahun 2



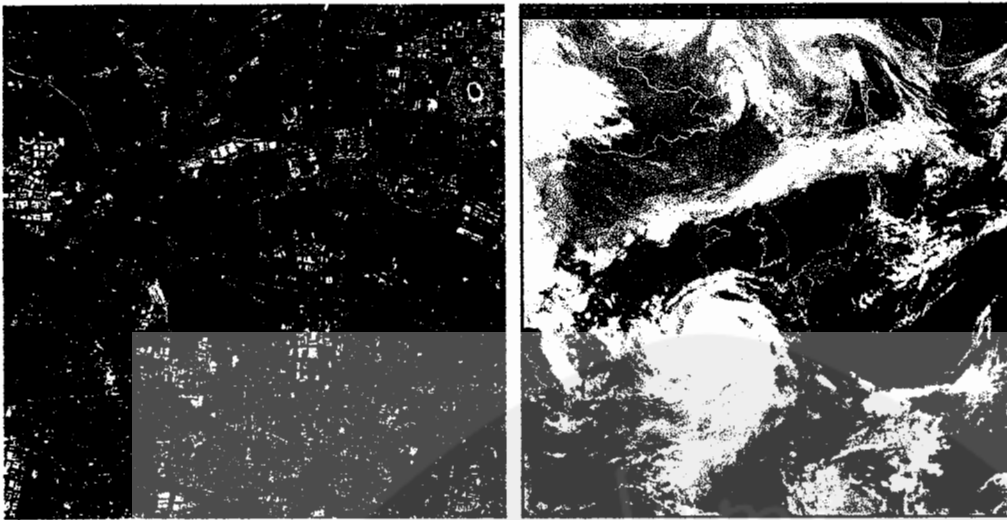
## Jadwal Penelitian Tahun 2

Penelitian tahun 2 ini rencana akan dilaksanakan selama 10 bulan yaitu mulai bulan Pebruari 2010 sampai dengan November 2010, dengan rincian sebagai berikut :

Kegiatan	Pelaksanaan
1. Fungsi gelombang-singkat yang cocok (dari hasil penelitian tahun I) untuk citra satelit digunakan pada berbagai macam citra satelit yang lainnya.	Minggu I bulan Pebruari 2010
2. Eksplorasi algoritma pengenalan pola, dan jaringan saraf tiruan.	Minggu II dan III bulan Pebruari 2010
3. Penentuan algoritma belajar dari beberapa algoritma belajar yang ada dalam jaringan saraf tiruan.	Minggu IV bulan Pebruari 2010
4. Perancangan dan pembuatan program aplikasi pengenalan pola citra satelit .	Maret, April, Mei 2010
5. Pengujian beberapa citra satelit yang ada.	Juni, Juli 2010
6. Pengujian hasil pengenalan pola yang akan digunakan untuk pengenalan pola.	Agustus, September 2010
7. Dari hasil pengamatan kemudian ditarik kesimpulan dan pembuatan laporan	Oktober, Nopember 2010

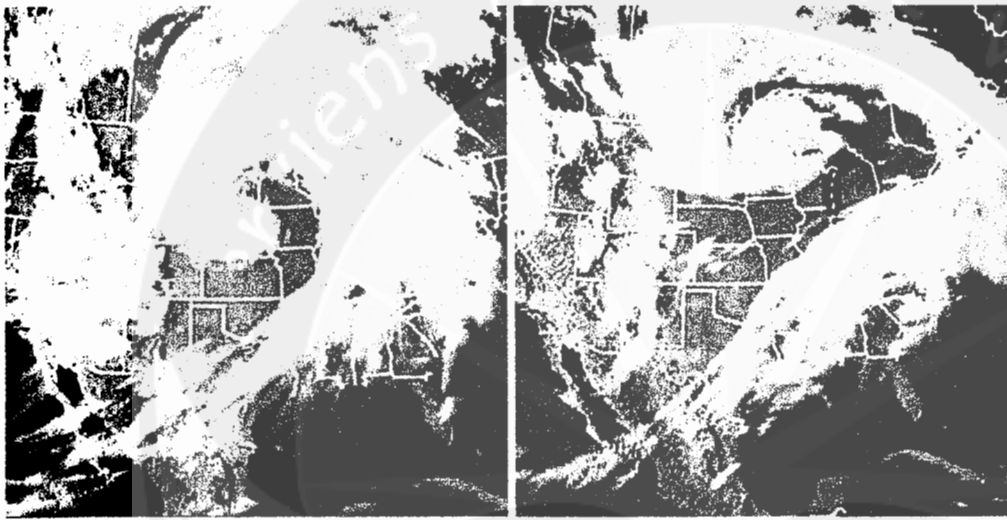
### 4.4. Citra Satelit yang Diuji Pada Penelitian Tahun 1

Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512 yang diperoleh dari data satelit. Citra satelit yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.2 – 4.4.



(a)

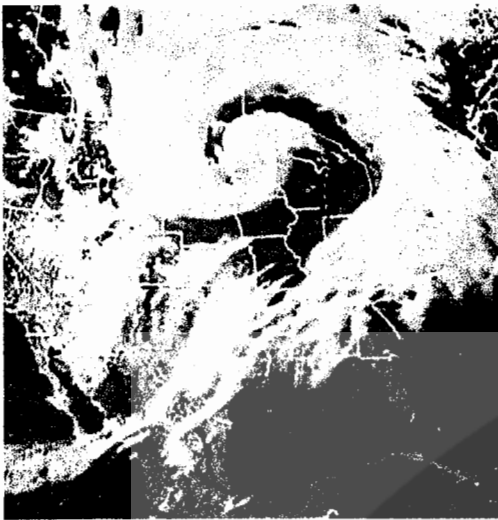
(b)



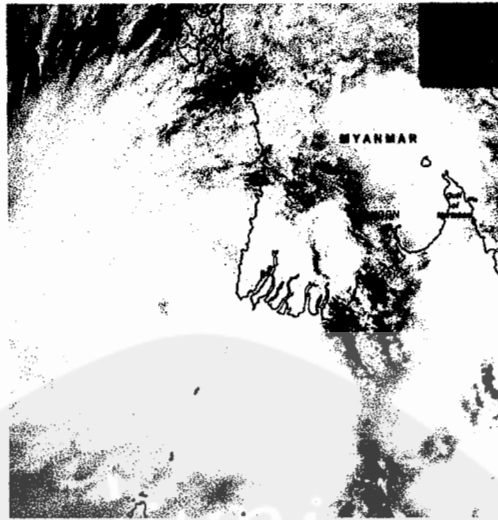
(c)

(d)

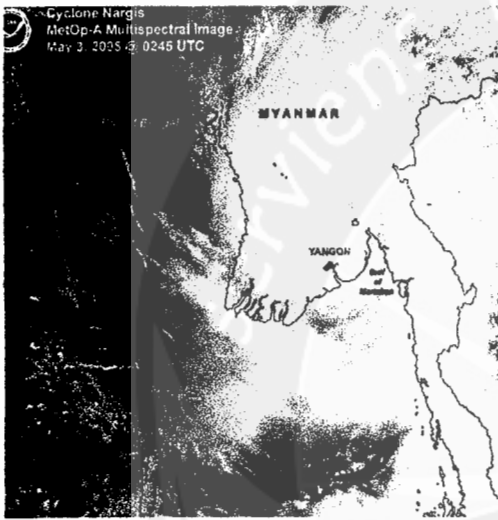
**Gambar 4.2.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba  
(a) bigmap.bmp (b) 22.bmp (c) awan1.bmp (d) awan2.bmp



(e)



(f)



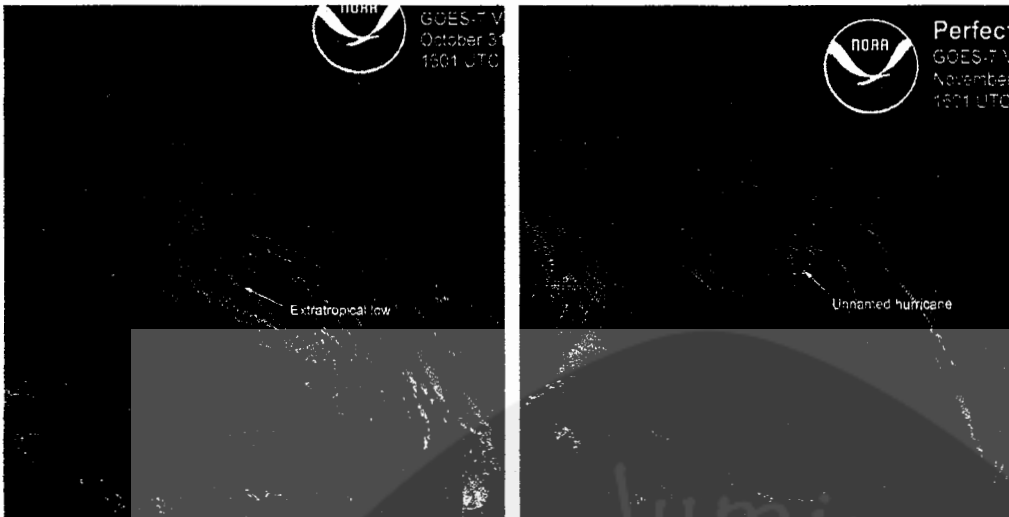
(g)



(h)

**Gambar 4.3.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba

(e) Awan 3.bmp (f) Myanmar 1.bmp (g) Myanmar 2.bmp (h) 30 Okt.bmp



(i)

(j)

**Gambar 4.4.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba  
(i) 31 Okt.bmp, (j) awan3.bmp

### Fungsi Wavelet yang diuji

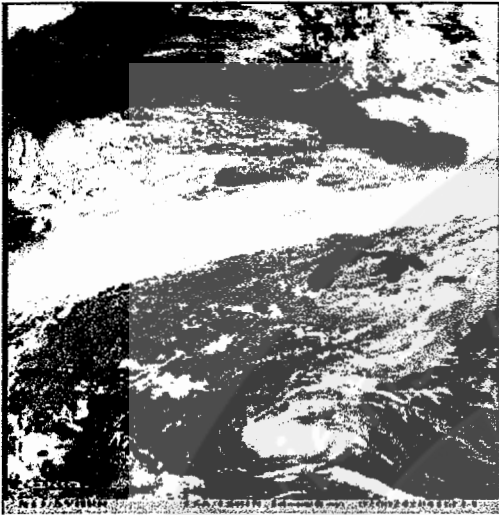
Dalam penelitian ini diuji dan dibandingkan 31 fungsi gelombang-singkat yaitu :

- a. Haar
- b. Daubechies 2, Daubechies 3, Daubechies 4, Daubechies 5
- c. Coiflets 1, Coiflets 2, Coiflets 3, Coiflets 4, Coiflets 5
- d. Symlets 2, Symlets 3, Symlets 4, Symlets 5, Symlets 6, Symlets 7, Symlets 8
- e. Biorthogonal 1.3, Biorthogonal 1.5, Biorthogonal 2.2, Biorthogonal 2.4,  
Biorthogonal 2.6, Biorthogonal 2.8, Biorthogonal 3.1, Biorthogonal 3.3,  
Biorthogonal 3.5, Biorthogonal 3.7, Biorthogonal 3.9, Biorthogonal 4.4,  
Biorthogonal 5.5, Biorthogonal 6.8.

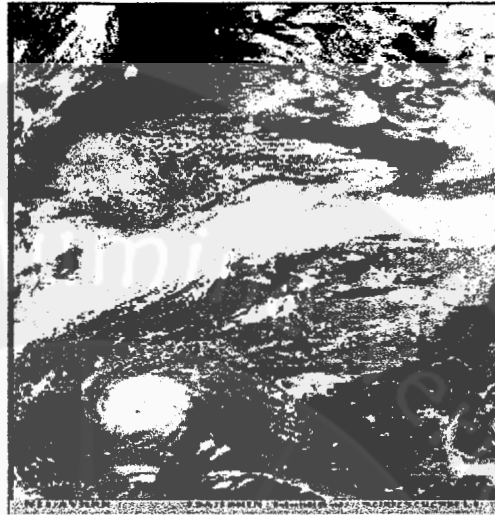
Wavelet ini kemudian dicoba digunakan untuk mengkompresi citra uji. Hasil kompresi dari tiap-tiap wavelet kemudian dibandingkan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per pixel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi.

#### 4.5. Citra Satelit yang Diuji Pada Penelitian Tahun 2

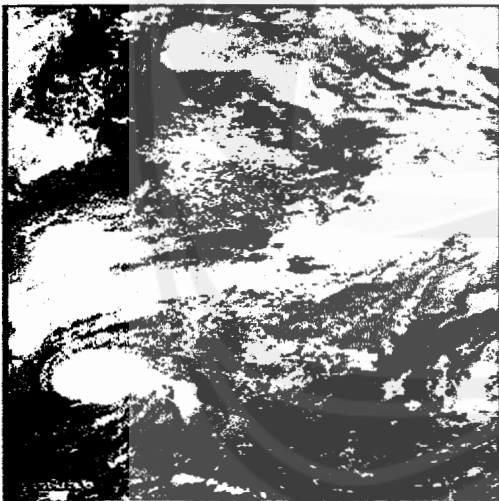
Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit. Citra satelit yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 - 4.16.



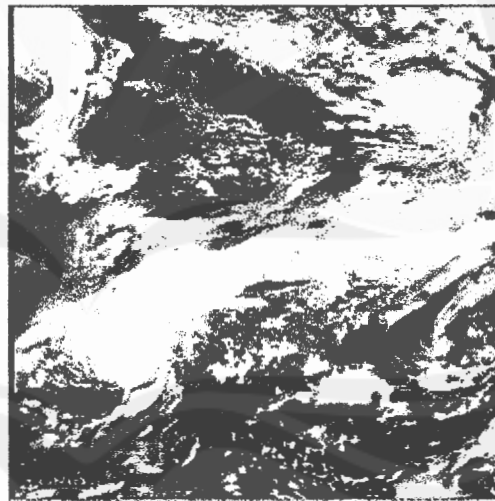
Gambar 4.5. Topan Andrew 24 Agustus



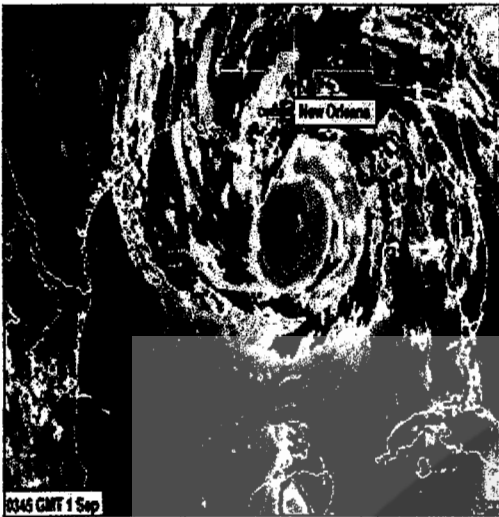
Gambar 4.6. Topan Andrew 25 Agustus



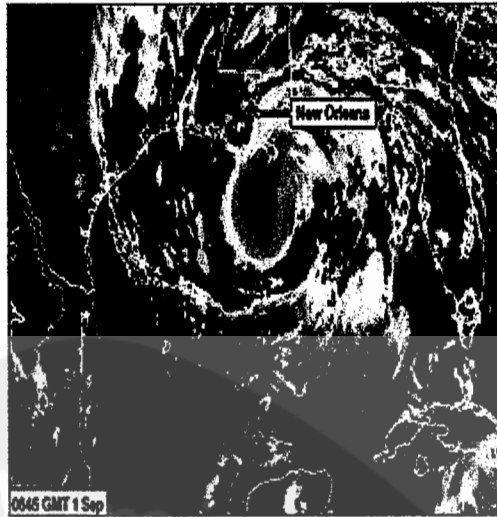
Gambar 4.7. Topan Andrew 26 Agustus



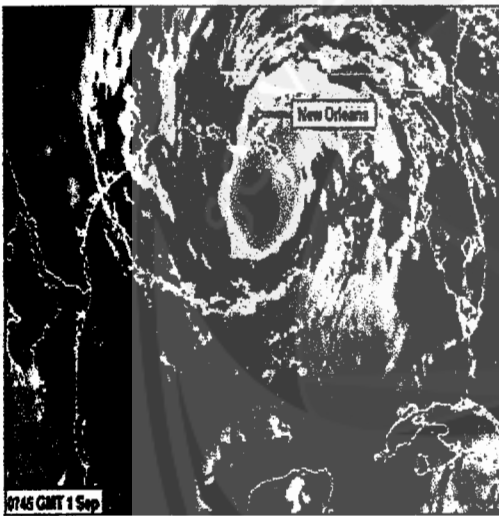
Gambar 4.8. Topan Andrew 27 Agustus



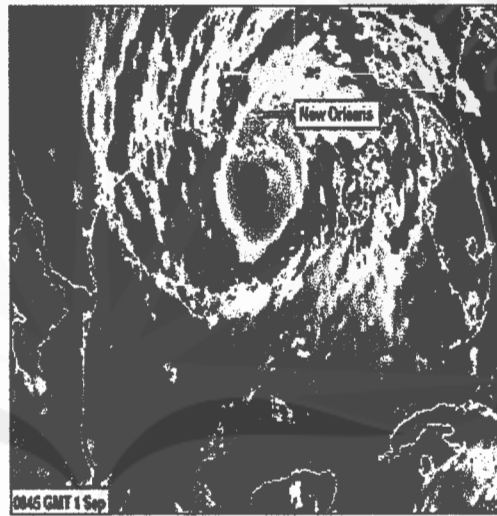
Gambar 4.9. Topan Gustav 1 September  
(03.45 GMT)



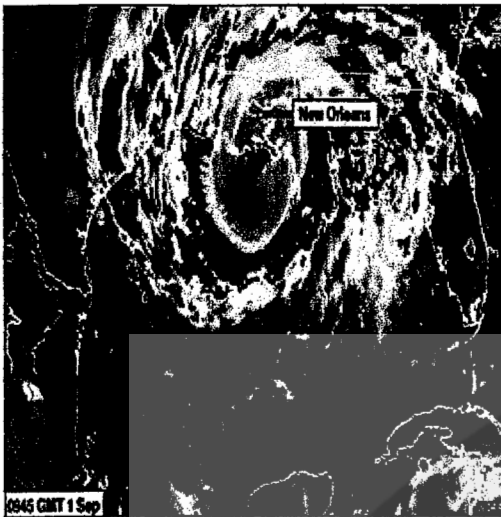
Gambar 4.10 Topan Gustav 1 September  
(06.45 GMT)



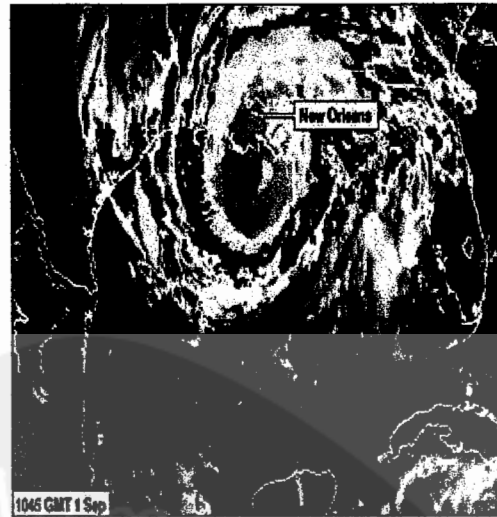
Gambar 4.11. Topan Gustav 1 September  
(07.45 GMT)



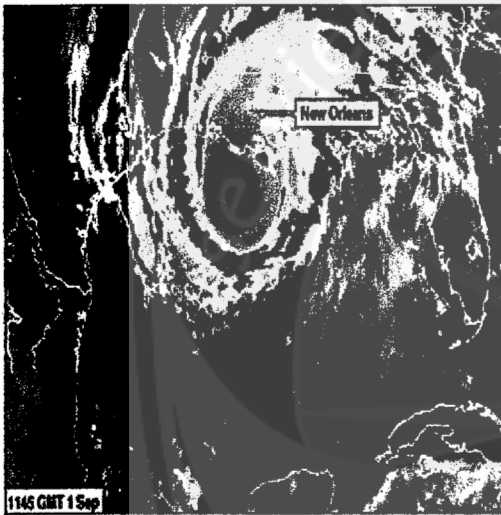
Gambar 4.12. Topan Gustav 1 September  
(08.45 GMT)



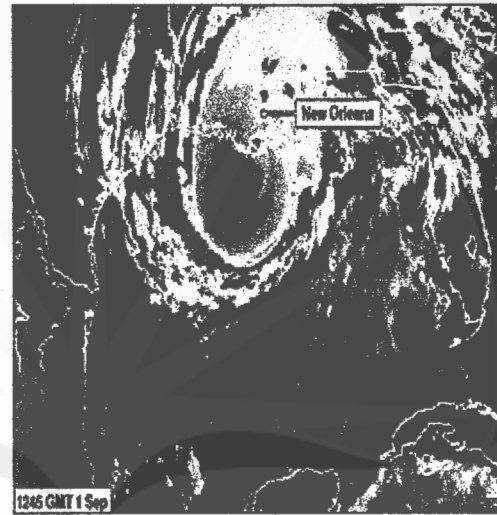
Gambar 4.13. Topan Gustav 1 September (09.45 GMT)



Gambar 4.14. Topan Gustav 1 September (10.45 GMT)

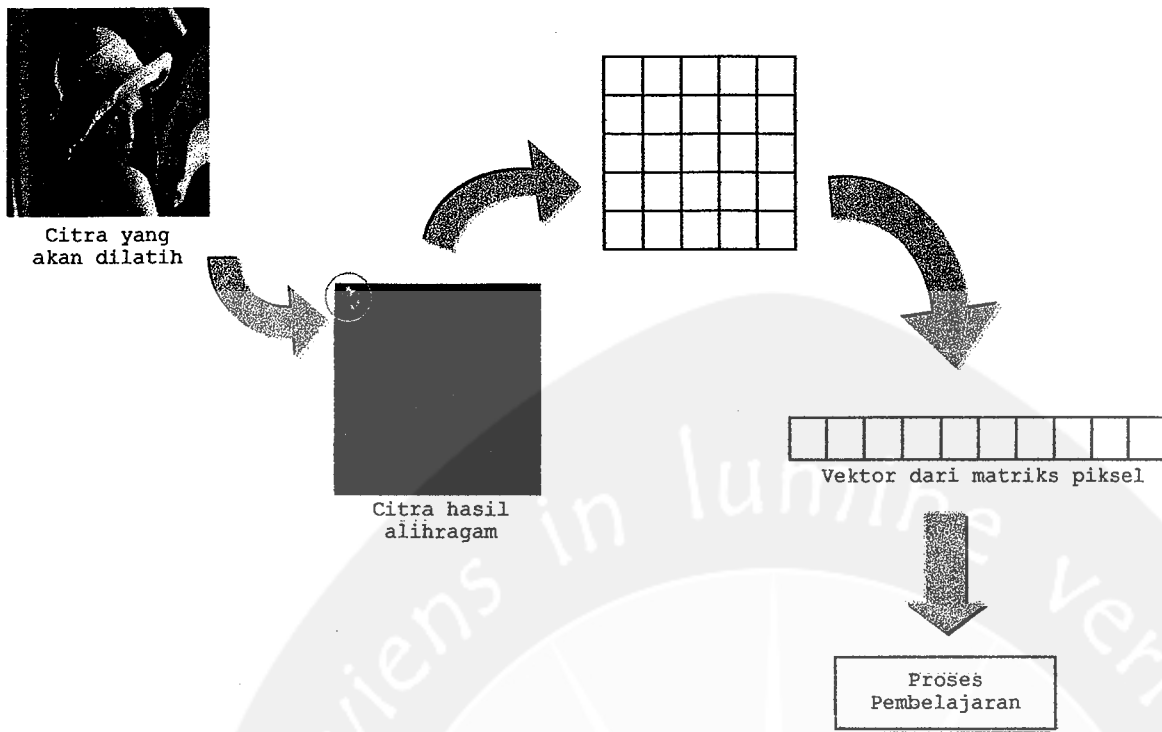


Gambar 4.15. Topan Gustav 1 September (11.45 GMT)



Gambar 4.16. Topan Gustav 1 September (12.45 GMT)

Langkah berikutnya adalah melakukan pemrosesan awal citra-citra tersebut dengan menggunakan gelombang-singkat (wavelet) Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Langkah ini merupakan bagian dari proses pembelajaran yang secara detail dapat dilihat pada gambar 4.17.



**Gambar 4.17. Pemrosesan Awal Alihragam Gelombang-Singkat sebagai Masukan Proses Pembelajaran**

Metode yang dipakai untuk pengenalan pola citra uji adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Pada gambar 4.17 akan diilustrasikan urutan proses pembacaan file citra sampai ke proses pembelajaran.



## BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Analisis Dan Perancangan Sistem

#### 5.1.1. Pengantar

Pada subbab ini akan dibahas mengenai analisis dan perancangan sistem yang akan dibuat. Pokok bahasan yang terdapat dalam bab ini adalah deskripsi keseluruhan, kebutuhan khusus, kebutuhan fungsionalitas dan perancangan arsitektur sistem yang dikembangkan.

#### 5.1.2. Deskripsi Keseluruhan

##### 5.1.2.1. Perspektif Produk

Sistem ini adalah suatu program aplikasi yang digunakan untuk mengompres sebuah citra dan dekomresi citra. Dengan aplikasi ini diharapkan dapat membantu user untuk melakukan kompresi terhadap citra, sekaligus memungkinkan user untuk melakukan dekomresi terhadap citra yang telah dikompres..

Pada sistem ini, input data yang dapat dimasukkan user adalah: *citra\_asli*, *parameter\_kompresi* dan *citra\_terkompres*. Berikut ini adalah proses yang terjadi bila digambarkan dalam sebuah diagram (Gambar 5.1).



**Gambar 5.1.** Proses pada sistem *standalone*

Data yang terdapat dalam aplikasi ini adalah data citra, yang berupa citra asli dan citra hasil kompresi. Sedangkan *Personal Computer* digunakan untuk menjalankan aplikasi uji pemampatan ini.

Pada aplikasi ini, terdapat seorang user yang dapat menggunakan sistem ini. User akan berinteraksi dengan sistem untuk melakukan proses kompresi dan dekompresi.

### 5.1.2.2. Fungsi Produk

Fungsi produk perangkat lunak yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi kompresi, adalah fungsi yang digunakan untuk mengompres citra asli yang sudah dipilih oleh *user*.
2. Fungsi dekompres, adalah fungsi yang digunakan untuk mendekompres citra terkompres.

Selain fungsi-fungsi utama di atas, diberikan juga fungsi-fungsi tambahan sebagai berikut:

1. Fungsi Open, adalah fungsi yang digunakan untuk memilih citra asli, sekaligus menampilkan citra yang dipilih pada sebuah jendela.
2. Fungsi Save, adalah fungsi yang digunakan untuk menyimpan citra hasil kompresi ataupun hasil dekompresi.

### 5.1.2.3. Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna yang menggunakan perangkat-lunak ini adalah:

- a. Mengerti pengoperasian komputer.
- b. Memahami sistem komputer tempat perangkat-lunak dijalankan.
- c. Mengerti sistem kompresi citra dengan algoritma *wavelet*.

### 5.1.2.4. Batasan-batasan

Sistem ini memiliki keterbatasan, yaitu bersifat *offline/standalone*.

## 5.1.3. Kebutuhan Khusus

### 5.1.3.1. Kebutuhan Antarmuka Eksternal

Kebutuhan antarmuka eksternal pada perangkat-lunak ini meliputi kebutuhan antarmuka pemakai, antarmuka perangkat-keras, antarmuka perangkat-lunak, dan antarmuka komunikasi.

### 5.1.3.2. Kebutuhan Antarmuka Internal

Pengguna berinteraksi dengan antarmuka yang ditampilkan dalam layar komputer dengan format windows form dengan pilihan fungsi dan form untuk pengisian data dan tampilan informasi pada layar monitor.

### 5.1.3.3. Kebutuhan Antarmuka Perangkat Keras

Antarmuka perangkat keras yang digunakan dalam perangkat-lunak ini adalah:

- a. Personal Komputer
- b. *Keyboard* dan *Mouse*
- c. Monitor

### 5.1.3.4. Kebutuhan Antarmuka Perangkat Lunak

Perangkat-lunak yang dibutuhkan untuk mengoperasikan perangkat-lunak ini adalah:

a. Nama : Matlab 6.5

Sumber : The MathWorks, Inc.

Perangkat-lunak ini digunakan sebagai *tool* pembuatan aplikasi

b. Nama : Microsoft Windows 2000/ XP

Sumber : Microsoft

Perangkat lunak sebagai sistem operasi komputer

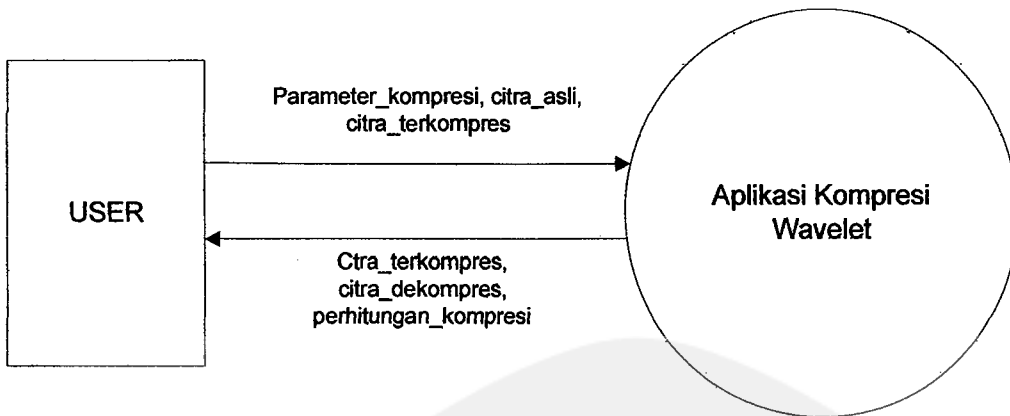
### 5.1.3.5. Kebutuhan Antarmuka Komunikasi

Dalam aplikasi ini tidak digunakan antarmuka komunikasi karena aplikasi berjalan secara *standalone*.

## 5.1.4. Kebutuhan Fungsionalitas

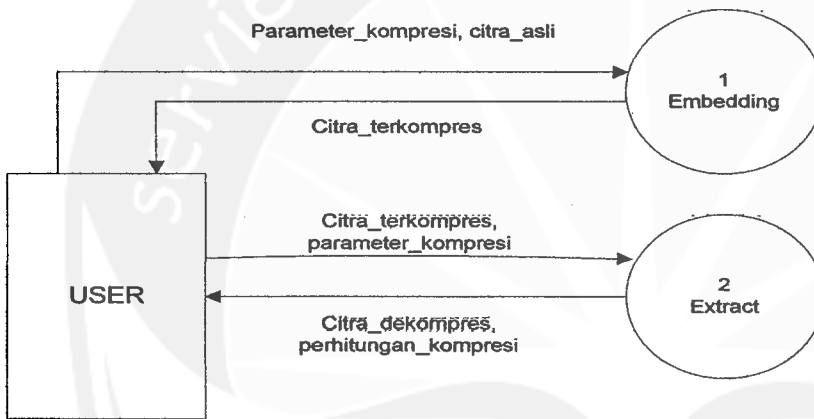
### 5.1.4.1. *Data Flow Diagram* (DFD)

*Data Flow Diagram* level 0 sistem ini dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 5.2. DFD Level 0**

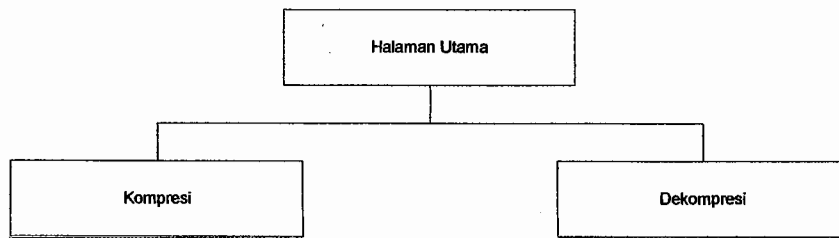
Sedangkan DFD level 1 dapat dilihat pada Gambar 5.3. Pada DFD level 1 terdapat dua proses utama, yaitu: proses kompresi dan proses dekompresi. Proses tersebut memerlukan parameter kompresi yang diinputkan oleh user.



**Gambar 5.3. DFD Level 1**

#### 5.1.4.2. Perancangan Arsitektur Modul

Berikut ini adalah gambar modul perancangan arsitektur sistem ini:

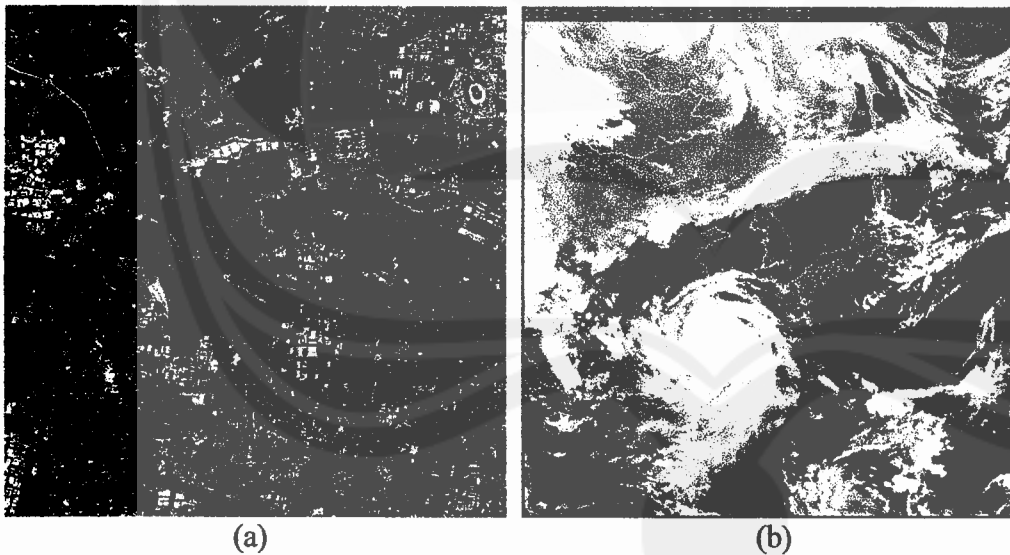


**Gambar 5.4.** Perancangan Arsitektural Modul

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa program secara umum terdiri dari dua bagian, yaitu: modul yang digunakan untuk kompresi dan modul yang digunakan untuk dekompresi.

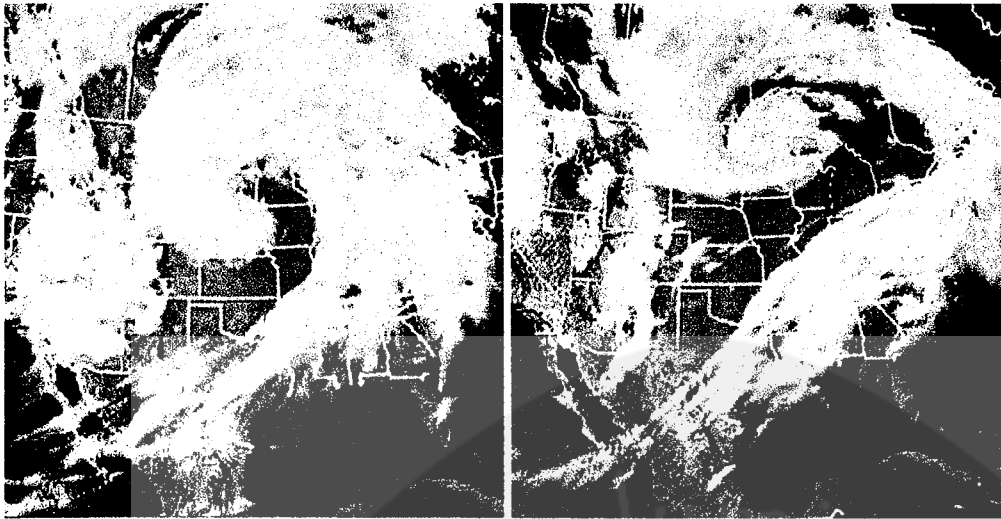
## 5.2. Hasil Uji Dan Analisis Penelitian Tahun 1

Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512 yang diperoleh dari data satelit. Citra satelit yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.5 – 5.7



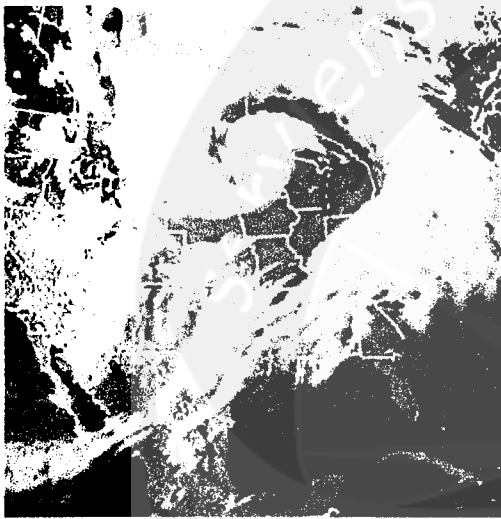
**Gambar 5.5.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba

(a) bigmap.bmp, (b) 22.bmp

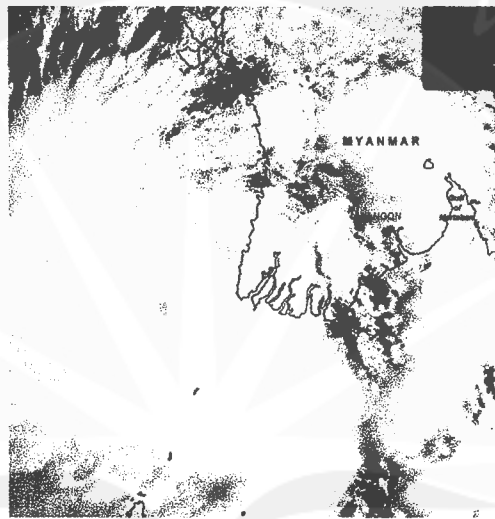


(c)

(d)

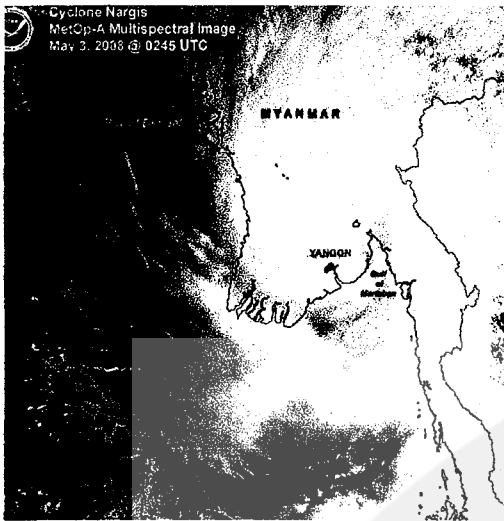


(e)



(f)

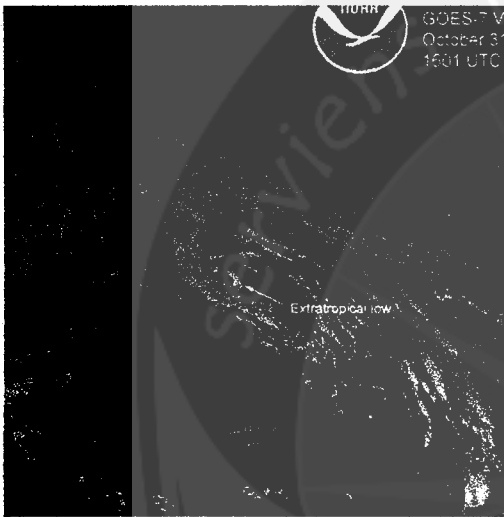
**Gambar 5.6.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba  
(c) awan1.bmp (d) awan2.bmp (e) Awan 3.bmp(f) Myanmar 1.bmp



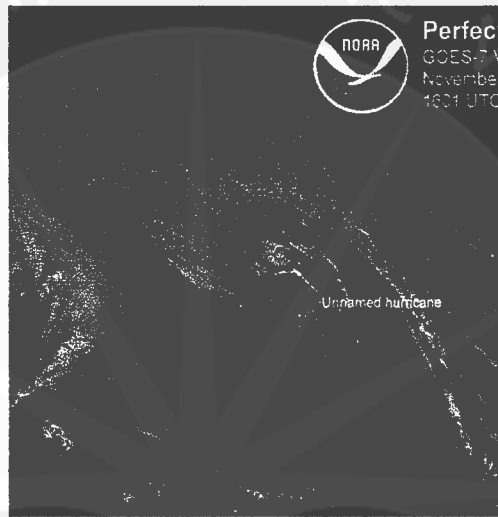
(g)



(h)



(i)



(j)

**Gambar 5.7.** Citra Satelit yang digunakan untuk ujicoba

(g) Myanmar 2.bmp (h) 30 Okt.bmp, (i) 31 Okt.bmp, (j) 1 Nov.bmp

Dalam penelitian ini digunakan beberapa fungsi wavelet (31 fungsi), yaitu: wavelet Haar, db2, db3, db4, db5, coif1, coif2, coif3, coif4, coif5, sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8. Wavelet ini kemudian dicoba digunakan untuk mengkompresi citra uji. Hasil kompresi dari tiap-tiap wavelet kemudian dibandingkan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu PSNR (*Peak Signal to*

*Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), *bpp* (*bit per pixel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi.

Dalam laporan hasil ini akan disajikan beberapa hasil *prototipe* program yang disusun dengan menggunakan bantuan program Matlab, di antaranya adalah:

1. Fungsi kompresi dan dekompresi
2. Fungsi perhitungan PSNR, MSE, *bpp*, dan rasio kompresi

Selain itu akan disajikan pula hasil ujicoba kompresi dengan menggunakan beberapa jenis wavelet dan pengaruhnya terhadap nilai parameter PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), *bpp* (*bit per pixel*), dan rasio kompresi. Berikut adalah cuplikan program dalam Matlab 6.5 yang digunakan untuk melakukan kompresi dan dekompresi citra dengan menggunakan *wavelet*.





```

% Wavelet image compression - RGB images
clear all;
close all;
im = 'bigmap.bmp';
X=imread(im);
n=4;

for warna=1:3
wname = 'db2';
x = double(X);
NbColors = 255;
map = gray(NbColors);
x = uint8(x);
x=x(:, :, warna);

[c,s] = wavedec2(x,n,wname);
alpha = 1.5; m = 2.7*prod(s(1,:));
thr=[ 200 100 70 50;
      200 100 70 50;
      200 100 70 50]
% Compression
[xd(:, :, warna),cxd,sxd,perf0,perf12] = wdencomp('lvd',c,s,wname,n,thr,'h');
disp('Compression Ratio');
disp(perf0);
compressionRatio(warna)=perf0;
% Decompression
R(:, :, warna) = waverec2(c,s,wname);

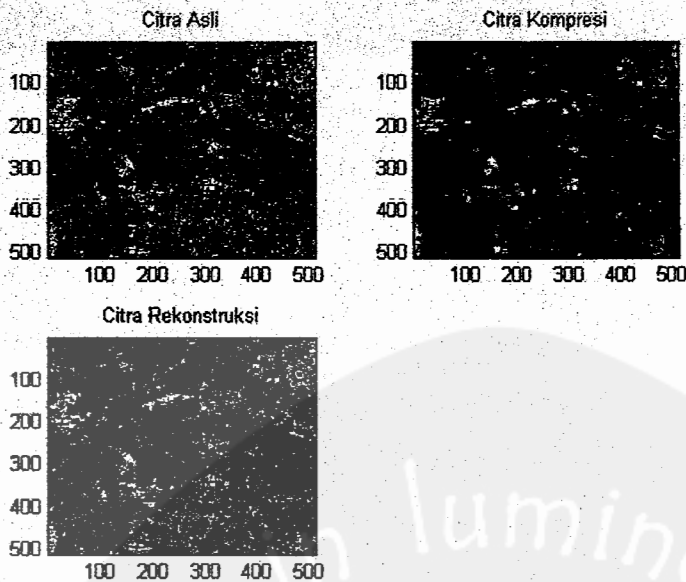
xtemp=double(x);
[height, width]=size(x);
mse(warna)=sum(sum((xtemp-R(:, :, warna)).*(xtemp-R(:, :, warna)))/(height*width));
PSNR(warna)=20*log10(255/sqrt(mse(warna)));

end

compressionRatioWarna = (compressionRatio(1) + compressionRatio(2) + compressionRatio(3))/3

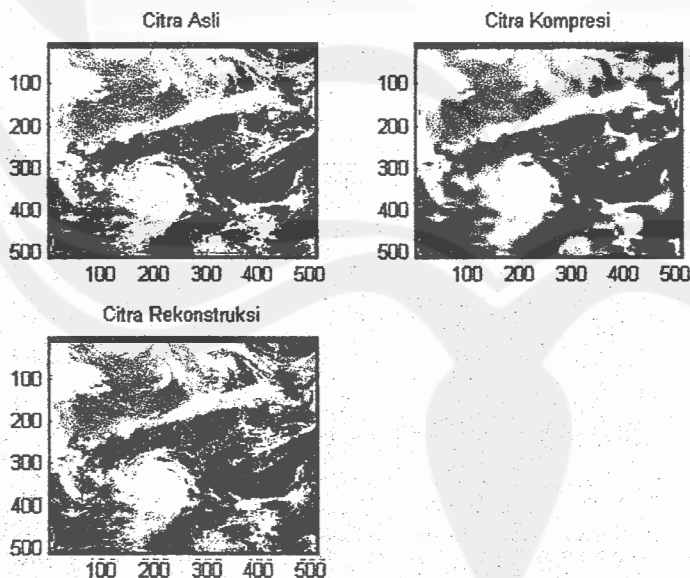
rc = uint8(R);
% Plot original and compressed images.
subplot(221), image(X);
colormap(map);
title('Original image')
subplot(222), image(uint8(xd));
colormap(map);
title('Compressed image')
% Displaying the results
xlab1 = ['2-norm rec.: ',num2str(perf12)];
xlab2 = ['% -- zero cfs: ',num2str(perf0), '%'];
xlabel([xlab1 xlab2]);
subplot(223), image(rc);
colormap(map);
title('Reconstructed image');
%Computing the image size
disp('Original Image');
imwrite(x,'original.tif');
imfinfo('original.tif')
disp('Compressed Image');
imwrite(xd,'compressed.tif');
imfinfo('compressed.tif')
a=imfinfo('compressed.tif');
bpp=a.FileSize*8/(512*512)
disp('Decompressed Image');
imwrite(rc,'decompressed.tif');
imfinfo('decompressed.tif')

```

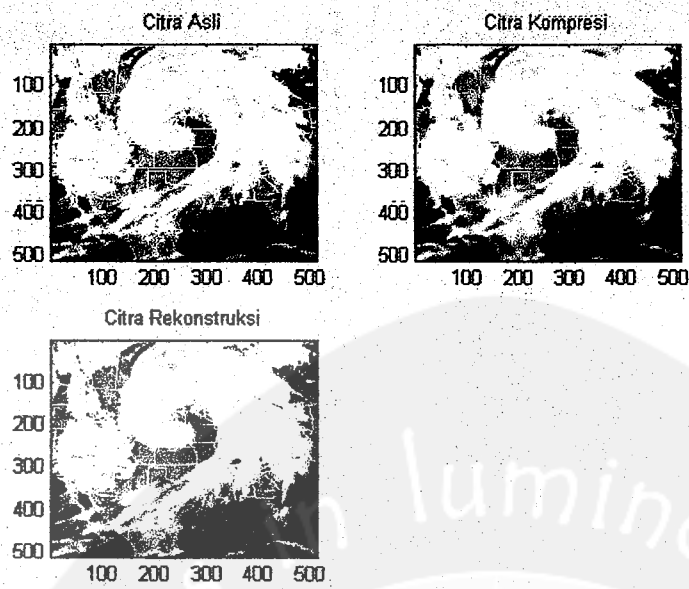


**Gambar 5.8.** Kompresi dan Dekompresi Citra Bigmap

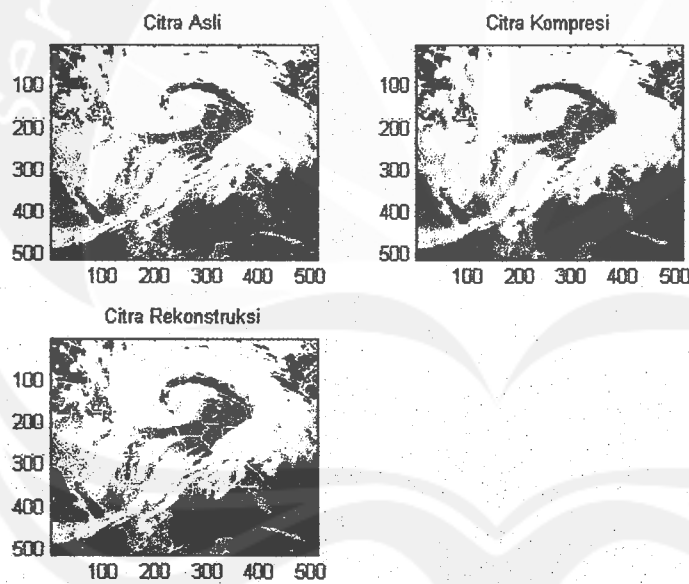
Gambar 5.8 – Gambar 5.17 adalah contoh hasil kompresi dan dekomposisi citra uji. Citra yang ditampilkan pada gambar tersebut dikompresi menggunakan *wavelet* biorthogonal 6.8, dengan jumlah level dekomposisi 4. Berdasarkan perhitungan secara statistik, diperoleh nilai MSE cukup kecil yang menunjukkan bahwa citra hasil rekonstruksi mirip dengan citra yang akan dikompresi.



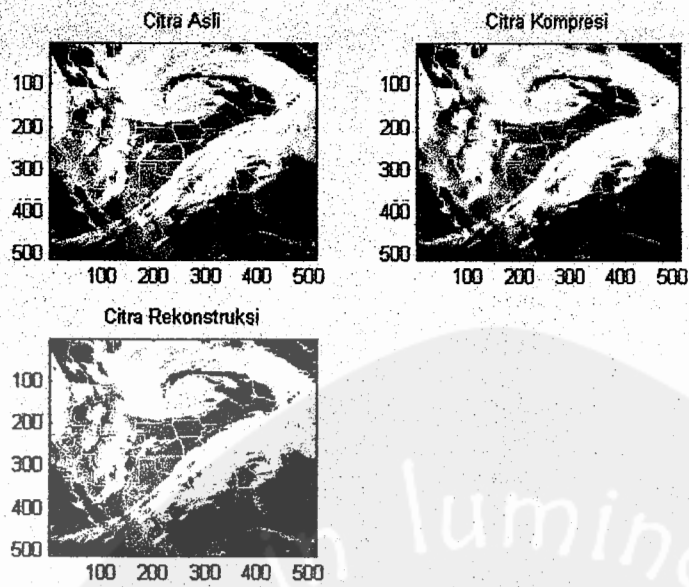
**Gambar 5.9.** Kompresi dan Dekompresi Citra 22



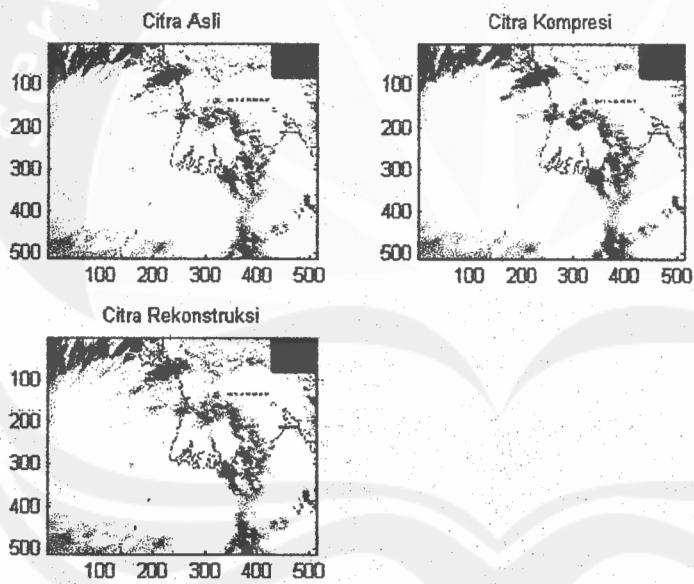
**Gambar 5.10.** Kompresi dan Dekompresi Citra Awan 1



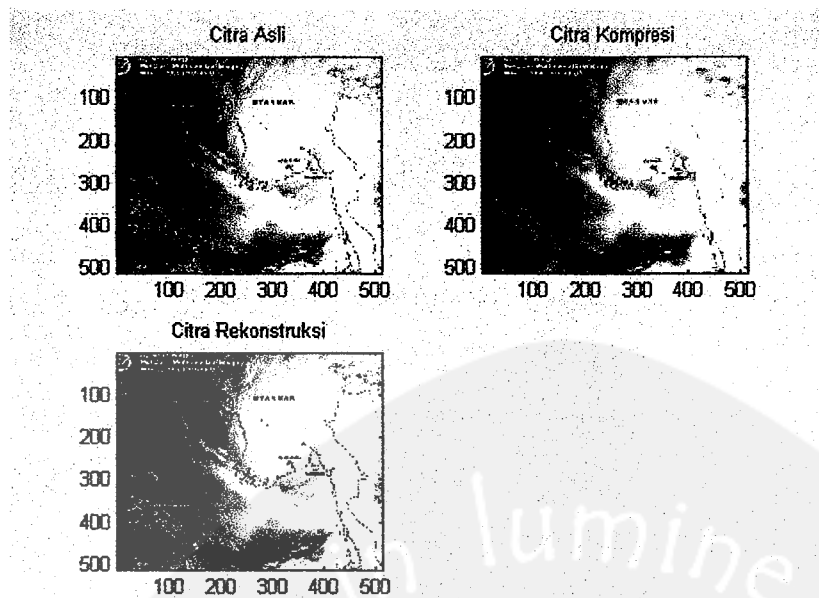
**Gambar 5.11.** Kompresi dan Dekompresi Citra Awan 2



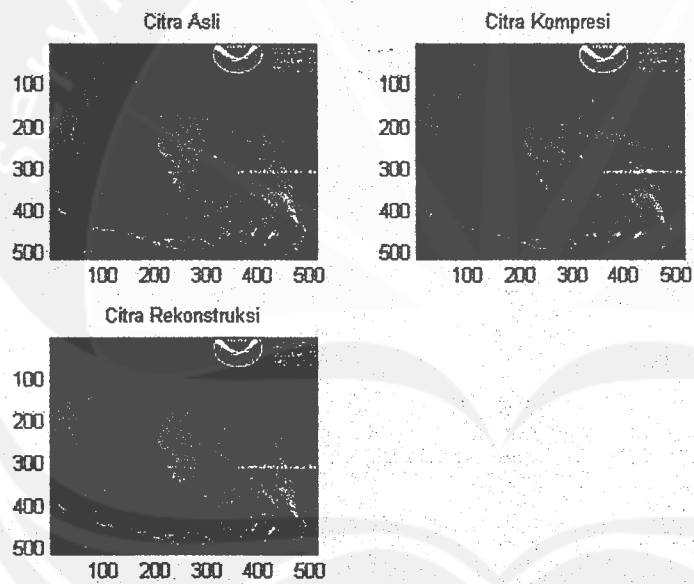
**Gambar 5.12.** Kompresi dan Dekompresi Awan 3



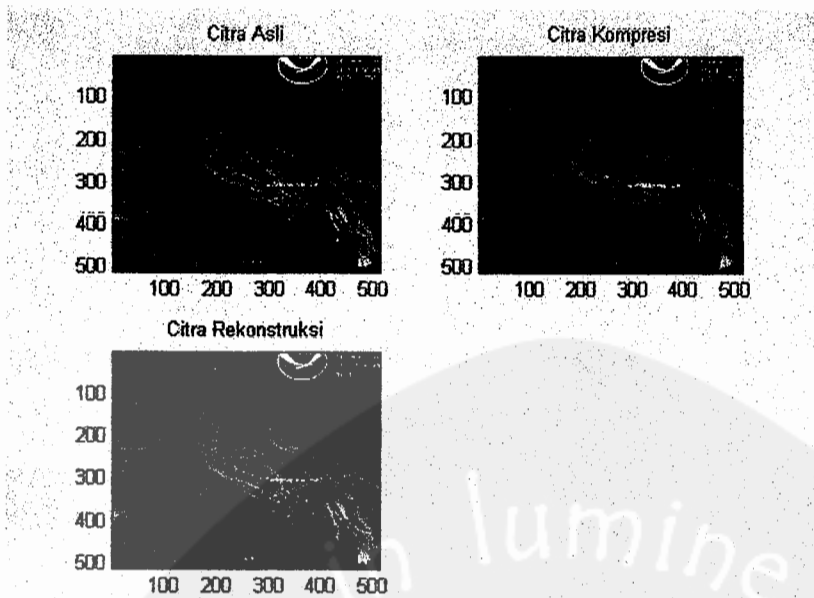
**Gambar 5.13.** Kompresi dan Dekompresi Myanmar1



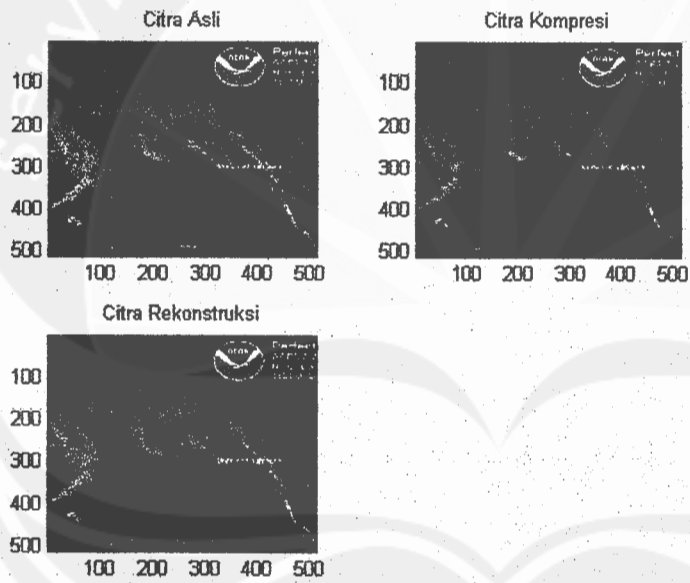
**Gambar 5.14.** Kompresi dan Dekompresi Myanmar2



**Gambar 5.15.** Kompresi dan Dekompresi 30 okt



**Gambar 5.16.** Kompresi dan Dekompresi 31 Okt



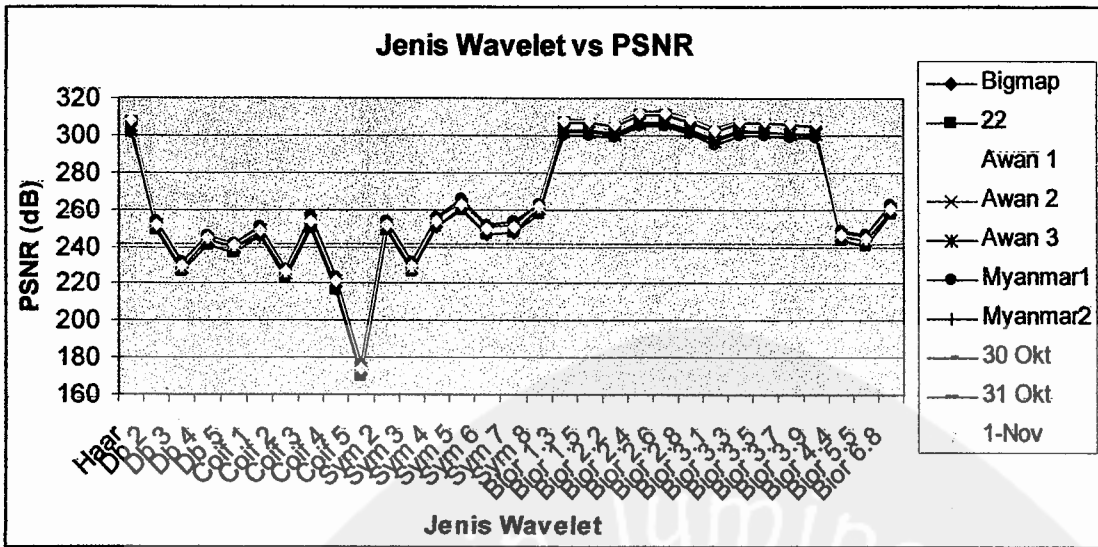
**Gambar 5.17.** Kompresi dan Dekompresi 1 November

## Pengaruh Jenis Wavelet terhadap PSNR

PSNR merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengkuantifikasi kualitas citra. Parameter PSNR sering dipakai sebagai tingkat kemiripan antara citra terekonstruksi dengan citra asli. PSNR yang lebih besar akan menghasilkan kualitas citra yang lebih baik.

**Tabel 5.1.** Hasil Pengujian Jenis *Wavelet* terhadap PSNR

Jenis Wavelet	Bigmap	22	Awan 1	Awan 2	Awan 3	Myanmar 1	Myanmar 2	30 Okt	31 Okt	1 Nov
laar	307.09	302.6167	301.8	302.11	302.4067	300.4467	301.9233	308.3033	308.49	308.3167
lb 2	249.4033	248.2833	252.54	251.1	251.3267	253.77	251.7933	252.0767	252.3567	251.5067
lb 3	228.5767	226.24	229.82	228.5733	228.6367	231.3033	230.1533	230.3133	230.4867	229.91
lb 4	243.1367	240.77	244.4333	243.1567	243.2267	245.9	244.6733	244.92	245.06	244.4467
lb 5	239.79	236.98	240.4833	239.3767	239.3067	241.9167	240.93	241.2467	241.4067	240.7767
loif 1	245.6833	245.18	249.5967	248.1267	248.3667	250.67	248.38	248.7933	248.95	248.1433
loif 2	224.2433	222.7833	226.5667	225.1733	225.33	227.9233	226.29	226.5867	226.76	226.0067
loif 3	251.5967	249.9333	255.1233	253.8133	253.8567	256.22	254.0833	254.44	254.5467	253.8367
loif 4	218.2733	216.7433	222.31	220.89	221.1533	223.1533	220.8267	221.1733	221.3233	221.1367
loif 5	171.5267	169.6	175.3233	174.1867	174.5567	176.51	174.1333	174.3933	174.5167	174.2533
ym 2	249.4033	248.2833	252.54	251.1	251.3267	253.77	251.7933	252.0767	252.3567	251.5067
ym 3	228.5767	226.24	229.82	228.5733	228.6367	231.3033	230.1533	230.3133	230.4867	229.91
ym 4	250.98	250.5433	254.9033	253.4167	253.68	255.9167	253.6433	254.07	254.2533	253.41
ym 5	260.1567	259.7533	264.3067	262.76	263.05	265.2133	262.8933	263.3067	263.53	262.66
ym 6	246.9833	246.4167	250.7267	249.2533	249.5167	251.7733	249.5467	249.9833	250.2167	249.3267
ym 7	247.8233	247.62	252.46	250.93	251.2267	253.2133	250.6133	251.2	251.4433	250.6067
ym 8	260.35	257.9967	261.5633	260.2833	260.3233	263.03	261.93	262.0667	262.2567	261.6867
ior 1.3	306.9467	302.4333	301.8033	302.07	302.4133	300.1	301.74	308.1867	308.4633	308.2967
ior 1.5	306.78	302.3933	301.6	301.9333	302.1967	300.14	301.6533	308.0467	308.2967	308.0833
ior 2.2	304.93	300.6267	299.83	300.12	300.4233	298.46	299.9267	306.1767	306.36	306.2467
ior 2.4	311.2933	306.5967	305.9333	306.2433	306.54	304.63	306.02	312.2767	312.53	312.39
ior 2.6	311.1767	306.7633	306.01	306.15	306.56	304.86	306.1467	312.2167	312.51	312.3333
ior 2.8	307.24	302.8833	302.0033	302.29	302.6433	300.76	302.2867	308.5367	308.7967	308.5433
ior 3.1	301.8267	297.58	296.6667	296.96	297.3	295.3233	296.8533	303.1767	303.4	303.26
ior 3.3	306.8467	302.5633	301.67	301.93	302.2233	300.36	301.8533	308.1133	308.32	308.1467
ior 3.5	306.7167	302.22	301.32	301.5933	301.8833	299.8433	301.4167	307.76	307.9933	307.7933
ior 3.7	305.6733	301.3167	300.42	300.7333	301.0467	299.1867	300.59	306.9367	307.1167	307.0133
ior 3.9	305.3133	300.9733	300.13	300.4467	300.79	298.7533	300.3567	306.6633	306.9433	306.8
ior 4.4	245.1267	243.55	247.3067	245.9767	246.1067	248.7133	247.14	247.3733	247.5733	246.8167
ior 5.5	243.1133	241	244.5767	243.2833	243.3633	246.0567	244.75	244.96	245.1567	244.4867
ior 6.8	258.72	257.49	261.3533	259.9533	260.1533	262.7033	260.9667	261.1967	261.3867	260.5967



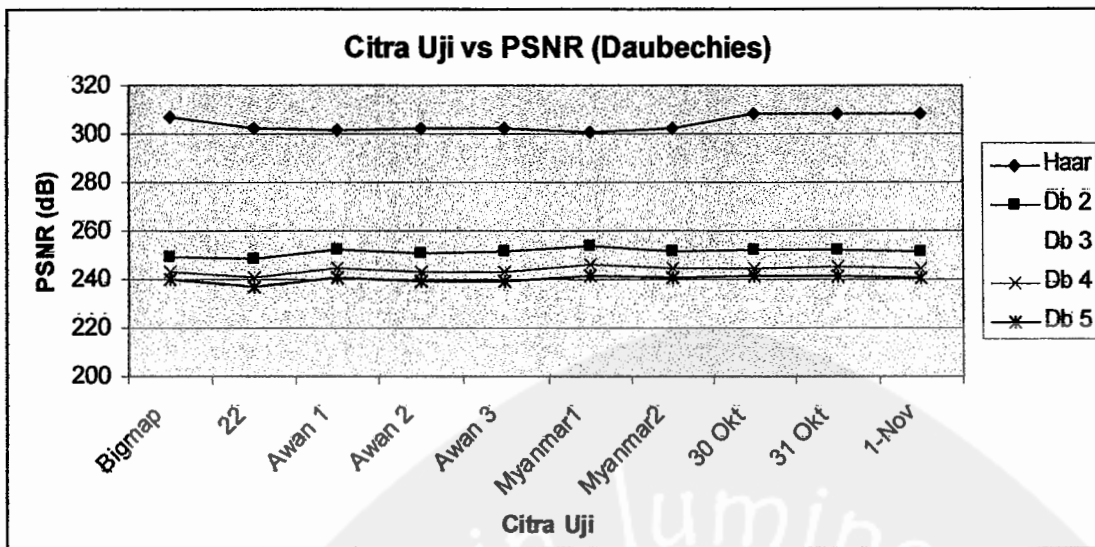
Gambar 5.18. Grafik Hubungan Antara Jenis Wavelet terhadap PSNR

Dari tabel 5.1. dan grafik gambar 5.18 dapat dilihat bahwa urutan 3 jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah

- a. Untuk citra satelit bigmap.bmp adalah Bior 2.4, Bior 2.6, kemudian Haar.
- b. Untuk citra satelit 22.bmp dan awan1.bmp adalah Bior 2.6, Bior 2.4, kemudian Haar.

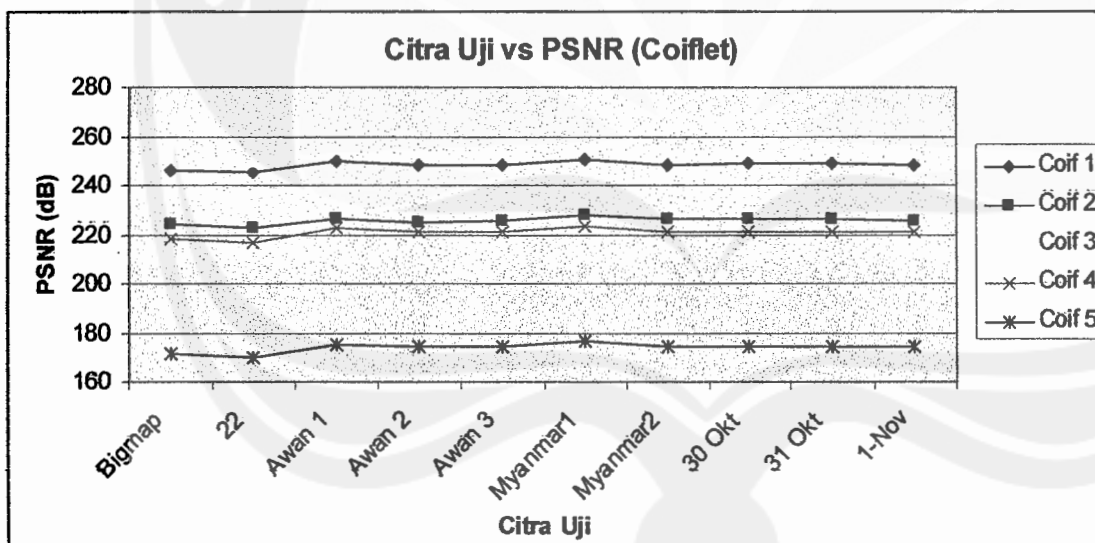
Ternyata ada perbedaan untuk citra satelit bigmap.bmp dengan 22.bmp dan awan1.bmp yaitu untuk urutan Bior 2.4 dan Bior 2.6. Wavelet Bior 2.4 lebih cocok untuk citra yang warnanya hampir serupa, sedangkan bior 2.6 lebih cocok untuk citra yang berwarna lebih bervariasi. Sedangkan wavelet Haar lebih mudah beradaptasi untuk beberapa jenis citra uji.





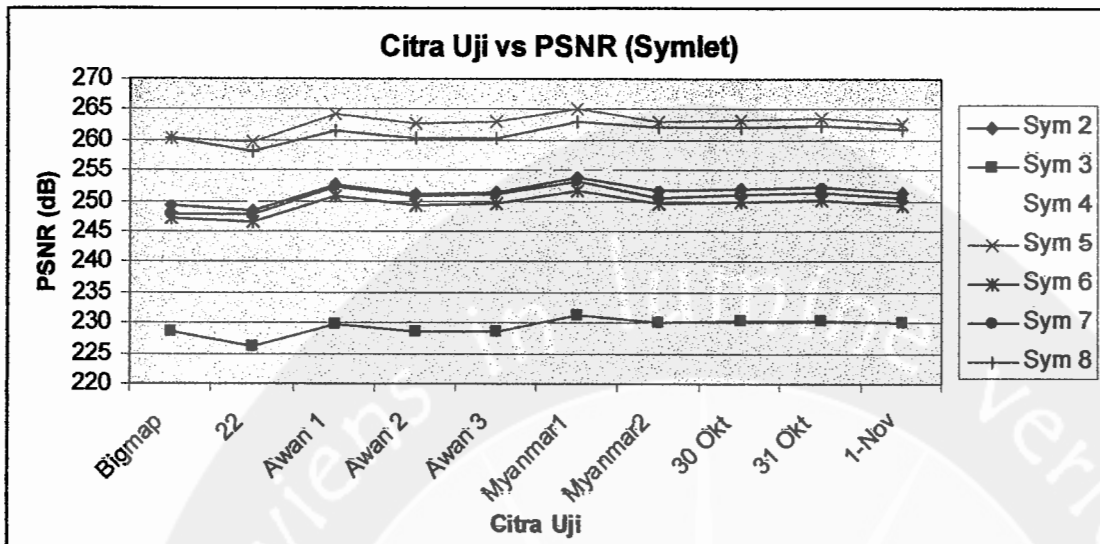
**Gambar 5.19.** Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap PSNR (Daubechies)

Dari gambar grafik 5.19 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah wavelet Haar (Daubechies 1), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Daubechies 3 (Db 3).



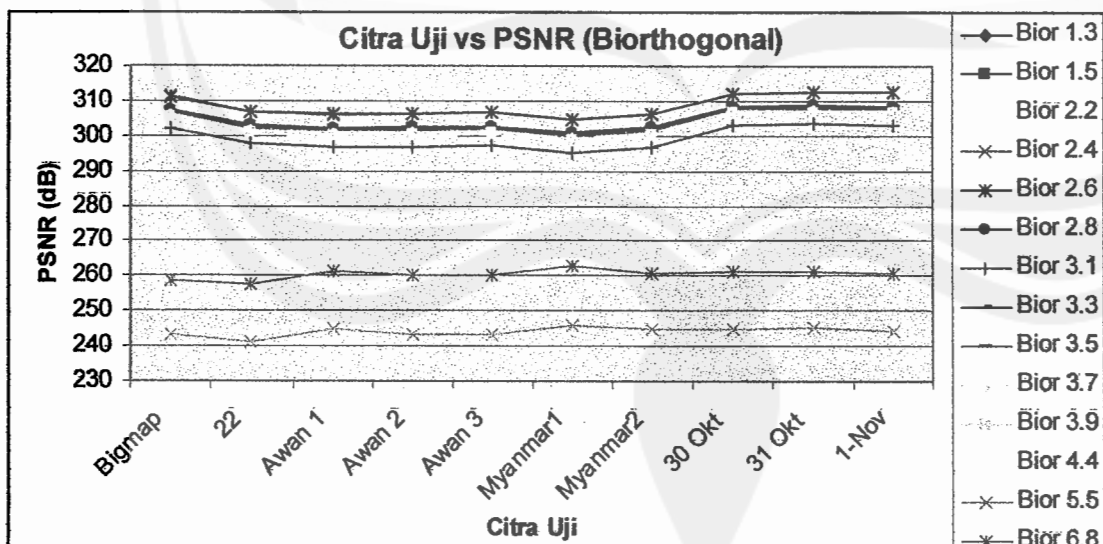
**Gambar 5.20.** Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap PSNR (Coiflet)

Dari gambar grafik 5.20 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah Coiflet 3 (Coif 3), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Coiflet 5 (Coif 5).



Gambar 5.21. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap PSNR (Symlet)

Dari gambar grafik 5.21 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah wavelet Symlet 5 (Sym 5), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Symlet 3 (Sym 3).



Gambar 5.22. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap PSNR (Biorthogonal)

Dari gambar grafik 5.22 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah wavelet Biorthogonal 2.6 (Bior 2.6), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Biorthogonal 5.5 (Bior 5.5).

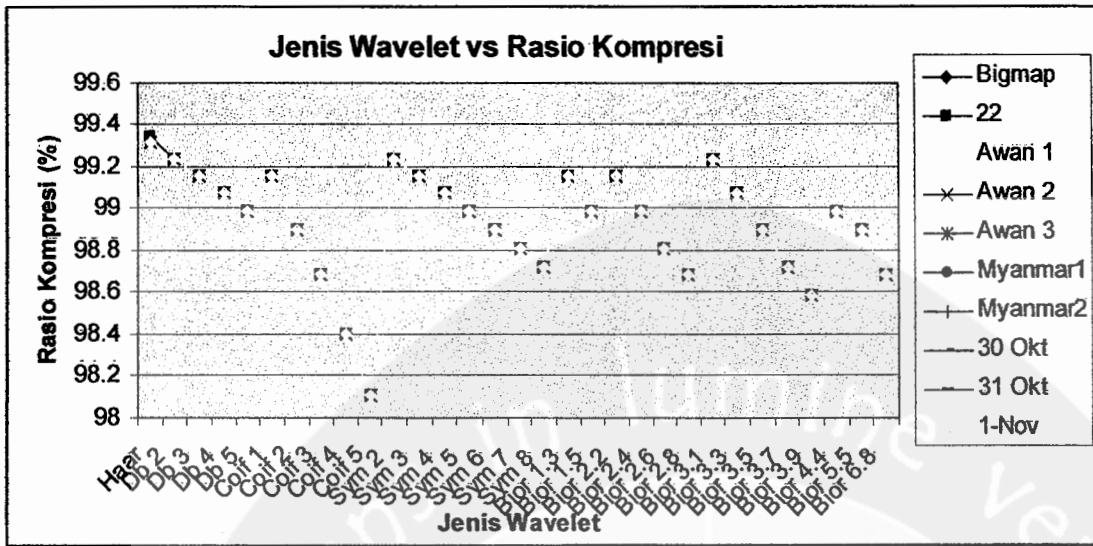
### Pengaruh Jenis Wavelet terhadap Rasio Kompresi

Rasio kompresi digunakan untuk mengukur kemampuan pemampatan data, yaitu dengan membandingkan ukuran citra asli dengan ukuran citra yang dimampatkan. Semakin besar rasio kompresinya berarti semakin baik fungsi gelombang-singkatnya.

**Tabel 5.2.** Hasil Pengujian Jenis *Wavelet* terhadap Rasio Kompresi

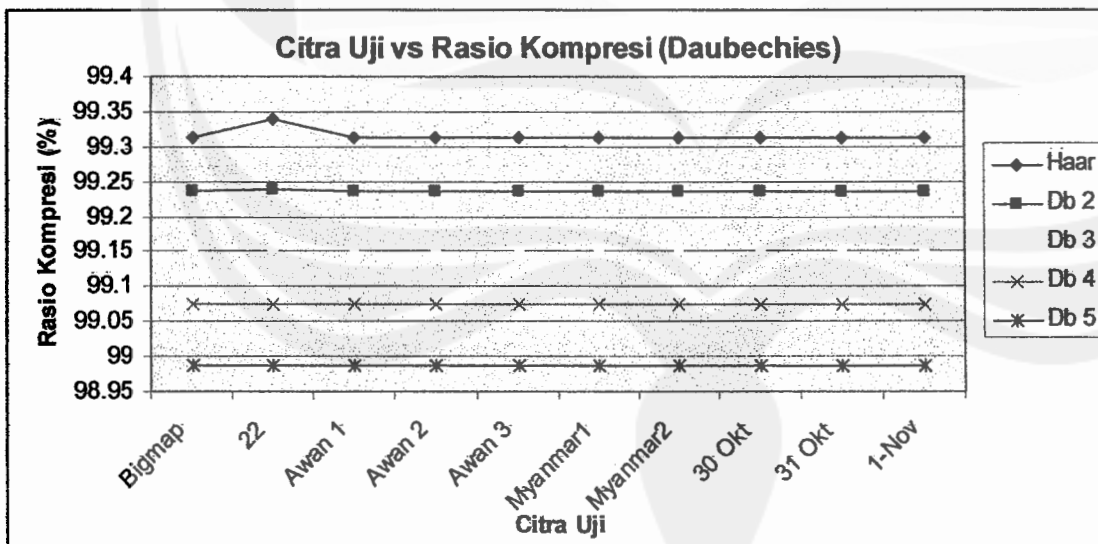
Jenis Wavelet	Bigmap	22	Awan 1	Awan 2	Awan 3	Myanmar 1	Myanmar 2	30 Okt	31 Okt	1 Nov
ar	99.313	99.339	99.313	99.313	99.313	99.312	99.312	99.312	99.313	99.312
2	99.237	99.238	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237
3	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156
4	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075
5	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987
if 1	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156
if 2	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902
if 3	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682
if 4	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401	98.401
if 5	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103	98.103
n 2	99.237	99.238	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237
n 3	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156
n 4	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075
n 5	98.987	98.988	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987
n 6	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902
n 7	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812
n 8	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723
r 1.3	99.156	99.158	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156
r 1.5	98.987	98.989	98.988	98.987	98.987	98.988	98.987	98.988	98.987	98.987
r 2.2	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156	99.156
r 2.4	98.987	98.988	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987
r 2.6	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812	98.812
r 2.8	98.682	98.683	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682
r 3.1	99.237	99.238	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237	99.237
r 3.3	99.075	99.076	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075	99.075
r 3.5	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902
r 3.7	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723	98.723
r 3.9	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591	98.591
r 4.4	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987	98.987

r 5.5	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902	98.902
r 6.8	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682	98.682



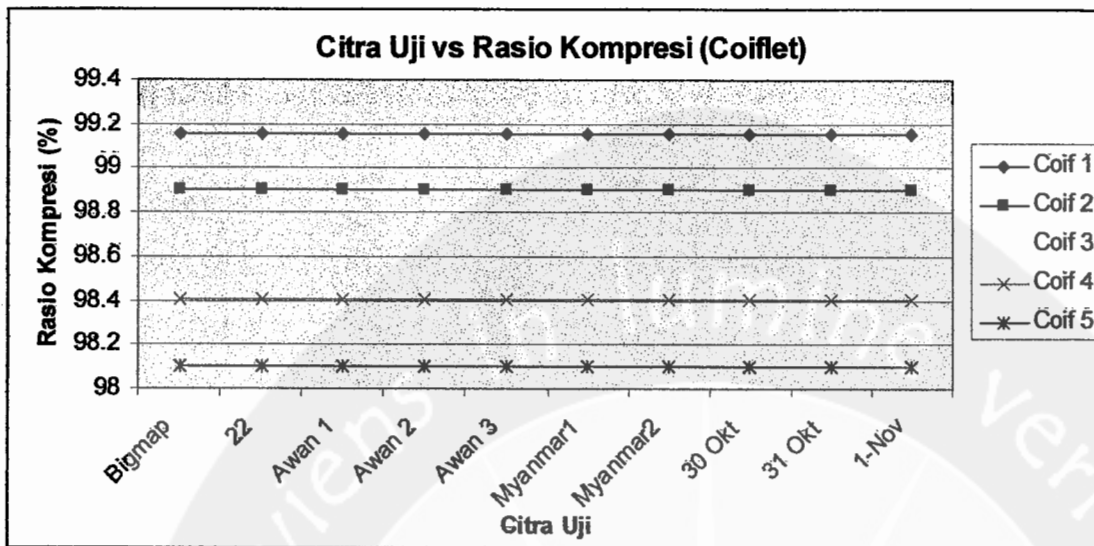
Gambar 5.23. Grafik Hubungan Antara Jenis Wavelet terhadap Rasio Kompresi

Dari tabel 5.2 dan grafik gambar 5.23 tersebut dapat dilihat bahwa urutan 3 jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah Haar, Biorthogonal 3.1, kemudian Daubechies 2 atau Symlet 2.



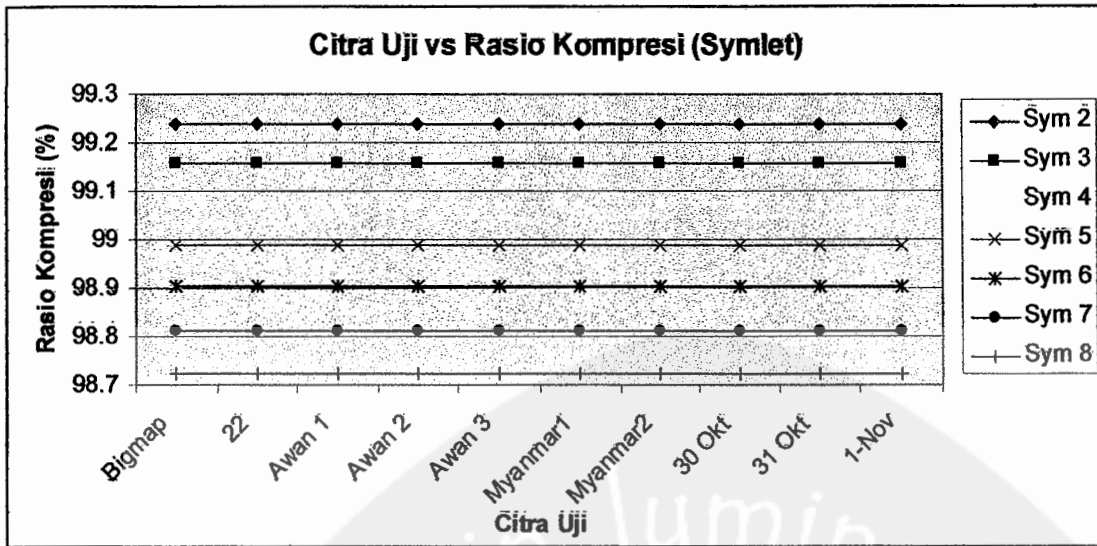
Gambar 5.24. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap Rasio Kompresi (Daubechies)

Dari gambar grafik 5.24 ternyata untuk semua citra uji jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah wavelet Haar (Daubechies 1), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Daubechies 5 (Db 5).



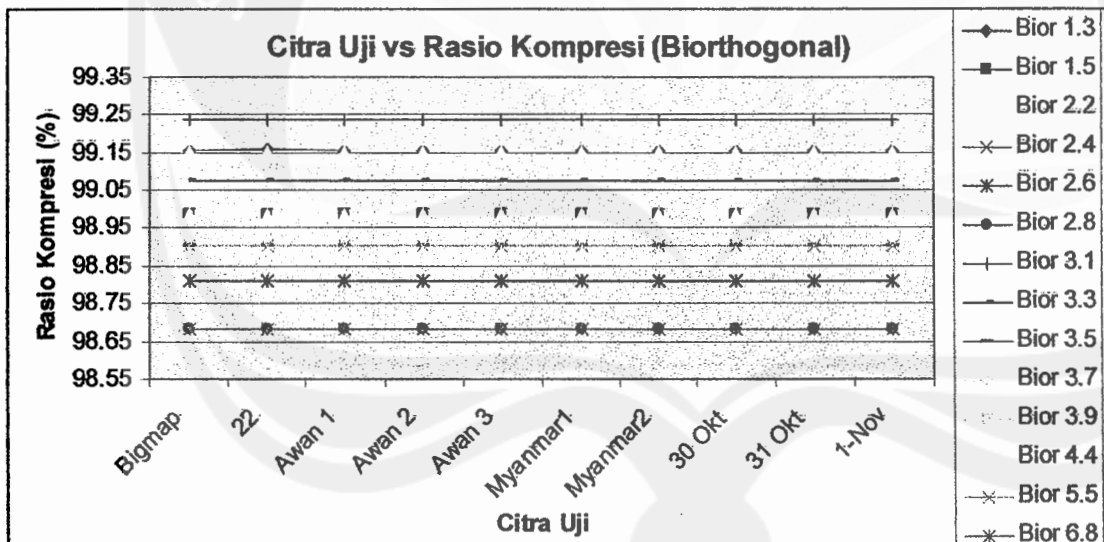
**Gambar 5.25.** Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap Rasio Kompresi (Coiflet)

Dari gambar grafik 5.25 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah wavelet Coiflet 1 (Coif 1), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Coiflet 5 (Coif 5).



Gambar 5.26. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap Rasio Kompresi (Symlet)

Dari gambar grafik 5.26 ternyata untuk semua citra uji jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah wavelet Symlet 2 (Sym 2), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Symlet 8 (Sym 8).



Gambar 5.27. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap Rasio Kompresi (Biorthogonal)

Dari gambar grafik 5.27 ternyata untuk semua citra uji, jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah wavelet Biorthogonal 3.1 (Bior 3.1), sedangkan yang paling rendah adalah wavelet Biorthogonal 3.9 (Bior 3.9).

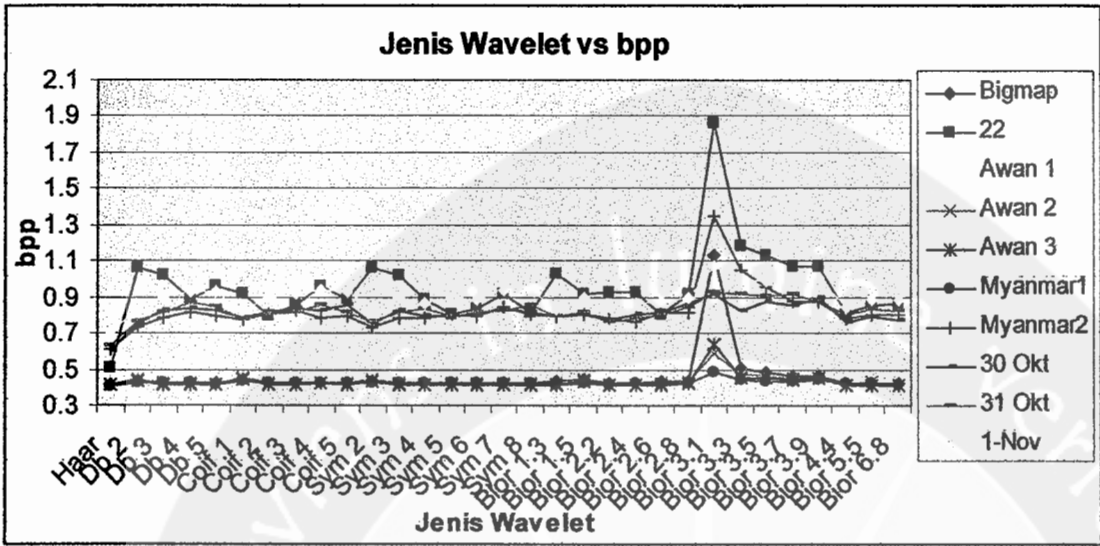
### Pengaruh Jenis Wavelet terhadap bpp

Parameter laju bit merupakan parameter matematis yang dapat mengkuantifikasi kinerja pemampatan. Lebih jelasnya laju bit adalah parameter yang digunakan untuk membandingkan elemen-elemen tak nol dari citra terkuantisasi dengan elemen-elemen tak nol pada citra asli. Semakin rendah laju bit maka semakin baik kemampuan gelombang-singkat sebagai pemampat citra. Sehingga parameter laju bit dapat digunakan untuk menguji kinerja pemampatan gelombang-singkat.

**Tabel 5.3.** Hasil Pengujian Jenis *Wavelet* terhadap bpp

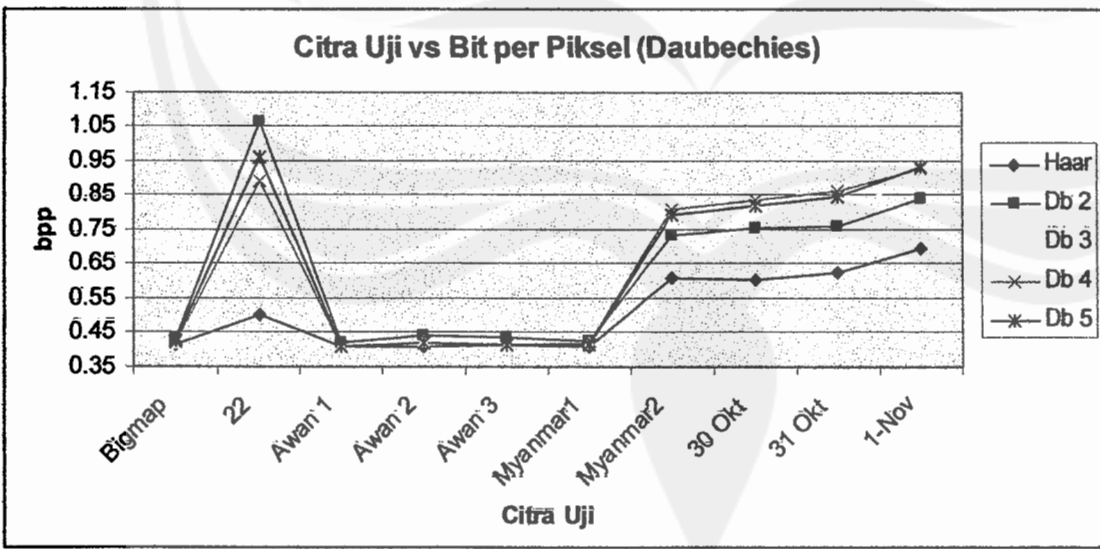
Jenis wavelet	Bigmap	22	Awan 1	Awan 2	Awan 3	Myanmar 1	Myanmar 2	30 Okt	31 Okt	1 Nov
ar	0.41663	0.50214	0.40869	0.40863	0.41345	0.40796	0.60785	0.60321	0.62616	0.69379
2	0.43011	1.0635	0.4201	0.44342	0.43567	0.42816	0.7337	0.75616	0.76276	0.84448
3	0.42059	1.0247	0.40936	0.42676	0.41589	0.42297	0.77838	0.82135	0.81293	0.8924
4	0.42291	0.88788	0.40765	0.41876	0.41345	0.42163	0.81104	0.83539	0.86188	0.92859
5	0.42426	0.95813	0.41052	0.41815	0.41504	0.4165	0.79303	0.82086	0.84528	0.93182
f1	0.43463	0.91895	0.41589	0.44965	0.43988	0.43201	0.77094	0.78552	0.77277	0.81946
f2	0.42456	0.79193	0.40851	0.42194	0.41577	0.42627	0.80225	0.81299	0.80408	0.89661
f3	0.42761	0.85156	0.40802	0.41797	0.40991	0.4201	0.82208	0.83228	0.8136	0.91388
f4	0.42633	0.95789	0.40973	0.42371	0.42358	0.41937	0.78448	0.82318	0.85052	0.9364
f5	0.42749	0.8894	0.40741	0.41962	0.41418	0.42535	0.797	0.85504	0.81891	0.9259
n2	0.43011	1.0635	0.4201	0.44342	0.43567	0.42816	0.7337	0.75616	0.76276	0.84448
n3	0.42059	1.0247	0.40936	0.42676	0.41589	0.42297	0.77838	0.82135	0.81293	0.8924
n4	0.42377	0.88477	0.40845	0.41748	0.41425	0.42145	0.78766	0.78906	0.83398	0.86292
n5	0.42712	0.80151	0.40765	0.42474	0.40924	0.42175	0.80585	0.79291	0.79395	0.89508
n6	0.42322	0.83386	0.41199	0.42822	0.41296	0.42328	0.79321	0.80194	0.815	0.88159
n7	0.42584	0.91418	0.40729	0.42206	0.41797	0.42004	0.84235	0.83575	0.82495	0.93683
n8	0.42169	0.8186	0.4082	0.42023	0.41748	0.42181	0.80017	0.81262	0.85889	0.94263
r1.3	0.42865	1.0289	0.41364	0.42041	0.4162	0.41425	0.79388	0.79694	0.78979	0.83435
r1.5	0.43951	0.91296	0.41138	0.44159	0.4314	0.4248	0.80084	0.80078	0.80945	0.89972
r2.2	0.42267	0.92517	0.40723	0.41077	0.4093	0.41626	0.77905	0.7746	0.76007	0.84863
r2.4	0.42706	0.93103	0.40912	0.41693	0.41364	0.41882	0.76776	0.80426	0.78687	0.86664
r2.6	0.43646	0.80859	0.40973	0.42078	0.41705	0.42627	0.81635	0.80981	0.80493	0.87274
r2.8	0.43506	0.92175	0.41473	0.4375	0.42023	0.42456	0.81512	0.8606	0.84351	0.89282
r3.1	1.1335	1.8632	0.46539	0.58569	0.64026	0.48181	1.3537	0.92188	0.93024	1.0669
r3.3	0.50281	1.1797	0.4248	0.47961	0.45831	0.44275	1.0502	0.82239	0.91498	0.99658
r3.5	0.48169	1.1372	0.42065	0.4657	0.44977	0.42963	0.95972	0.87427	0.90234	0.98993

rr 3.7	0.46375	1.0728	0.4209	0.45148	0.43951	0.43091	0.87933	0.86029	0.91541	1.0052
rr 3.9	0.46912	1.0671	0.41693	0.45142	0.45294	0.44092	0.87128	0.89838	0.8728	1.0104
rr 4.4	0.42053	0.81927	0.40826	0.41589	0.41174	0.41901	0.78131	0.76556	0.80444	0.84479
rr 5.5	0.42511	0.85443	0.40924	0.43036	0.4173	0.4234	0.8078	0.7937	0.82983	0.88434
rr 6.8	0.42731	0.86218	0.40912	0.41815	0.41449	0.41687	0.80725	0.77777	0.8269	0.88226



Gambar 5.28. Grafik Hubungan Antara Jenis Wavelet terhadap bit per piksel

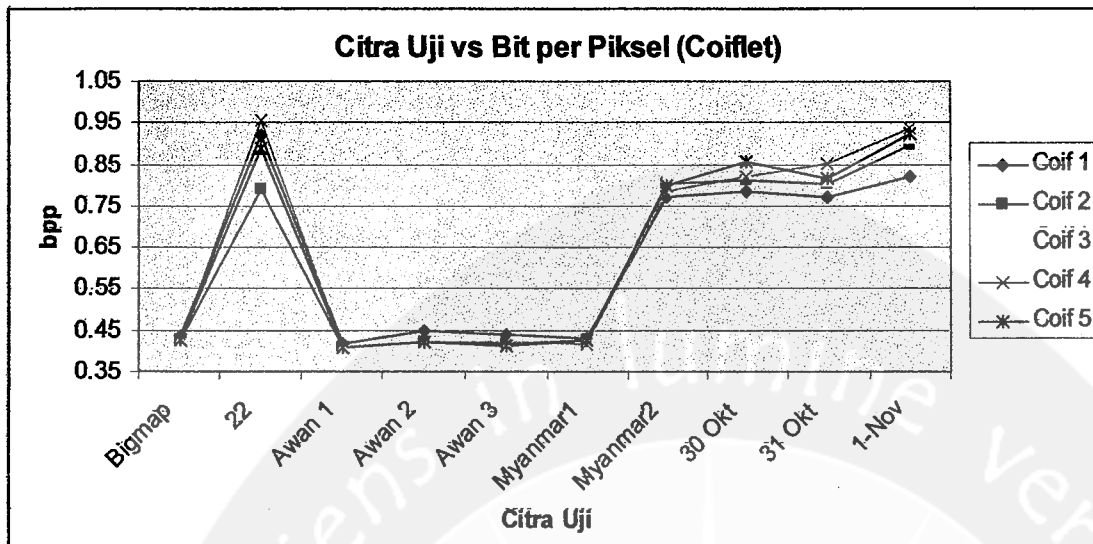
Dari tabel 5.3 dan grafik gambar 5.28 tersebut dapat dilihat bahwa urutan 3 jenis wavelet yang mempunyai bit per piksel terendah adalah Haar, dan tertinggi ialah Biorthogonal 3.1.



Gambar 5.29. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap bit per piksel (Daubechies)

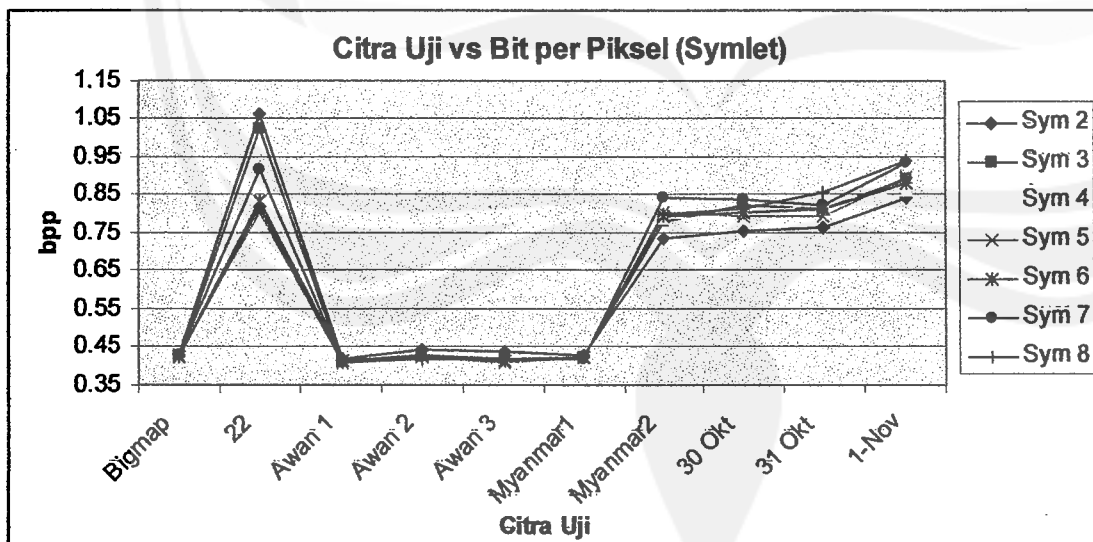


Dari gambar 5.29 terlihat bahwa wavelet Haar mempunyai bpp terendah, sedangkan untuk keluarga Daubechies lainnya besar kecilnya bpp tergantung pada citra uji. Citra uji 22.bmp ada kecenderungan tinggi untuk hampir seluruh keluarga Daubechies yang diuji.



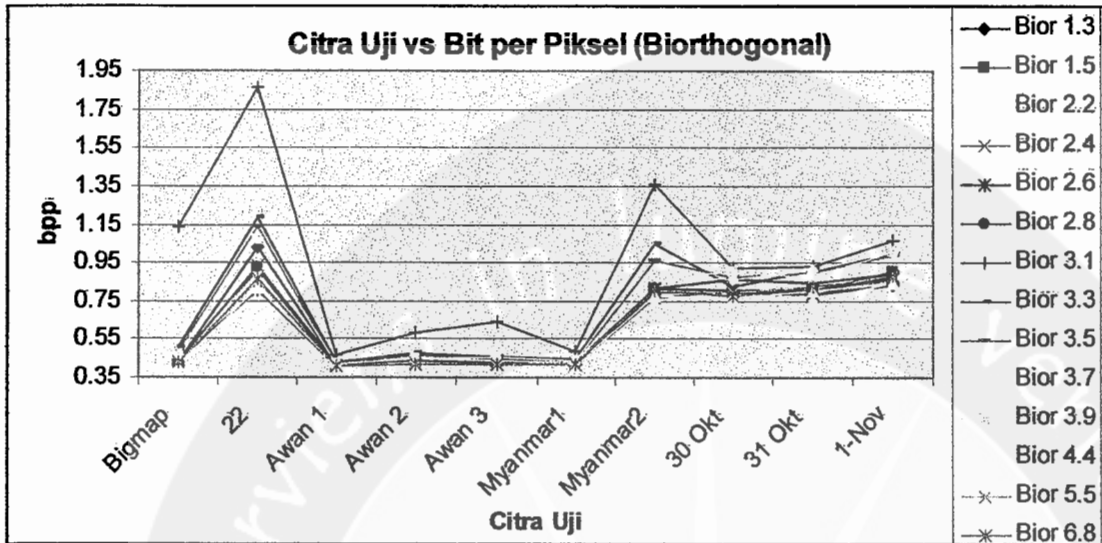
**Gambar 5.30.** Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap bit per piksel (Coiflet)

Dari gambar 5.30 terlihat bahwa untuk keluarga Coiflet, besar kecilnya bpp tergantung pada citra uji. Citra uji 22.bmp dan 1 Nov.bmp ada kecenderungan tinggi untuk hampir seluruh keluarga Coiflet yang diuji.



**Gambar 5.31.** Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap bit per piksel (Symlet)

Dari gambar 5.31 terlihat bahwa untuk keluarga Symlet, besar kecilnya bpp tergantung pada citra uji. Citra uji 22.bmp dan 1 Nov.bmp ada kecenderungan tinggi untuk hampir seluruh keluarga Symlet yang diuji.



Gambar 5.32. Grafik Hubungan Antara Citra Uji terhadap bit per piksel (Biorthogonal)

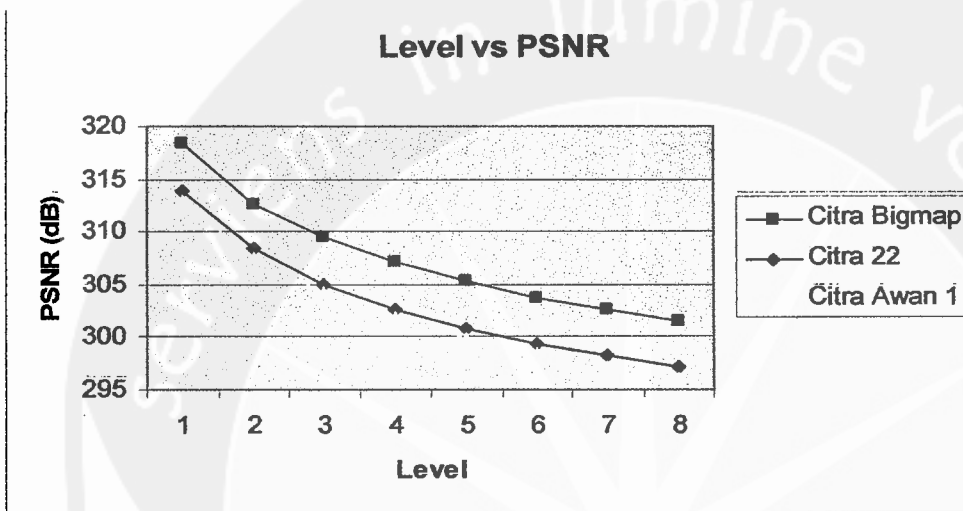
Dari gambar 5.32 terlihat bahwa untuk keluarga Biorthogonal, besar kecilnya bpp tergantung pada citra uji. Citra uji 22.bmp dan Myanmar 2.bmp ada kecenderungan tinggi untuk hampir seluruh keluarga Biorthogonal yang diuji.

### Pengaruh Level Dekomposisi

Level dekomposisi berpengaruh terhadap PSNR, dan rasio kompresi, dengan memperhatikan kedua aspek tersebut dapat ditentukan pada level berapa yang dipilih sebagai uji coba citra. Penentuan level dekomposisi sangat penting karena akan berpengaruh terhadap proses komputasinya, semakin besar levelnya semakin besar proses komputasinya. Namun perlu diperhatikan kedua parameter yaitu PSNR dan rasio kompresi sehingga dapat ditentukan level dekomposisi yang optimal. Pada paper ini digunakan level dekomposisi 4 yang optimal untuk citra satelit berwarna yang berukuran 512 x 512.

Tabel 5. 4. Hasil Pengujian Level Dekomposisi terhadap PSNR

Level	Bigmap	22	Awan 1
1	318.3967	313.88	312.9367
2	312.6333	308.3833	307.5
3	309.45	305.0267	304.15
4	307.09	302.6167	301.8
5	305.2867	300.77	299.9067
6	303.74	299.31	298.3967
7	302.6233	298.2533	297.1433
8	301.4567	297.1567	296.0967

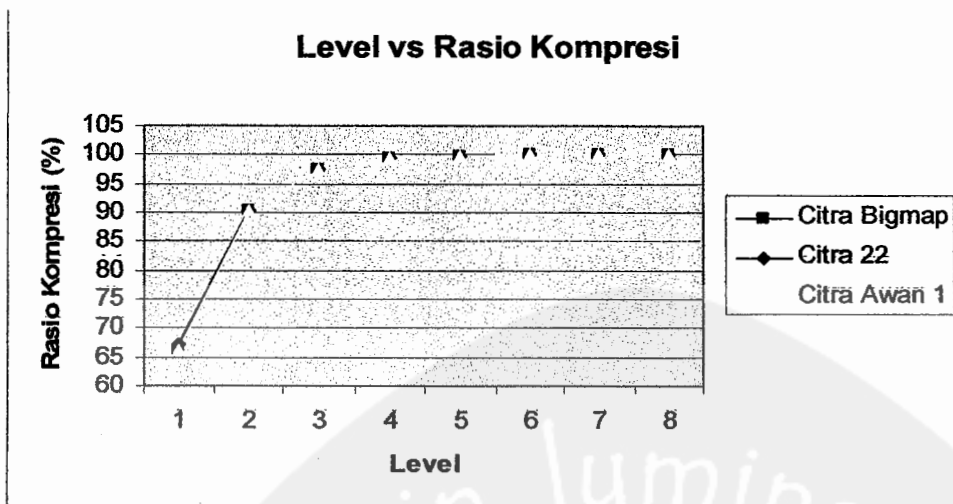


Gambar 5.33. Grafik Hubungan Antara Level Dekomposisi terhadap PSNR

Dari tabel 5.4 dan grafik gambar 5.33 terlihat bahwa semakin besar level dekomposisinya maka semakin kecil nilai PSNRnya, hal ini berarti bahwa nilai kesalahan (*error*) antara citra asli dan citra rekonstruksi semakin besar.

Tabel 5.5. Hasil Pengujian Level Dekomposisi terhadap Rasio Kompresi

Level	Bigmap	22	Awan 1
1	67.107	66.285	66.206
2	90.46	90.368	90.348
3	97.407	97.39	97.391
4	99.339	99.313	99.313
5	99.828	99.822	99.822
6	99.957	99.954	99.954
7	99.989	99.988	99.988
8	99.997	99.997	99.997



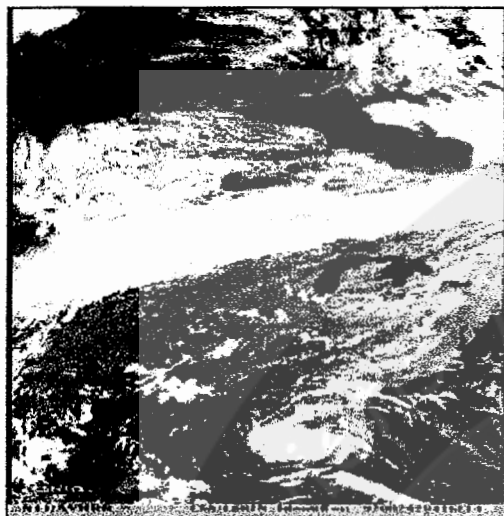
Gambar 5.34. Grafik Hubungan Antara Level Dekomposisi terhadap Rasio Kompresi

Dari tabel 5.5 dan grafik gambar 5.34 terlihat bahwa semakin besar level dekomposisinya maka semakin besar nilai rasio kompresinya.

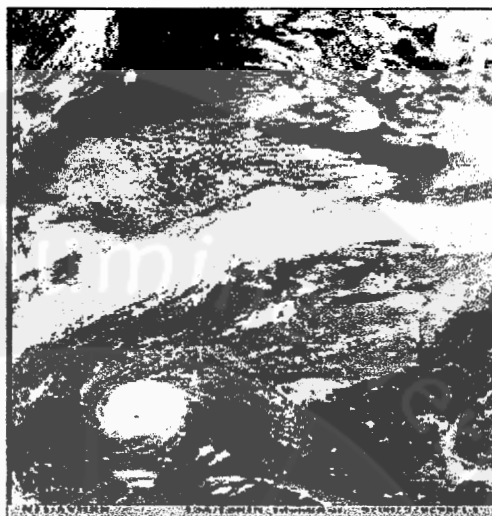
Selain yang dibahas di atas, perlu juga diperhatikan beberapa hal yang mempengaruhi pemampatan suatu citra, yaitu, karakteristik frekuensi citra akan sangat berpengaruh terhadap rasio kompresi yang diperoleh. Citra dengan frekuensi rendah yang dominan akan mempunyai rasio kompresi yang lebih baik dibandingkan dengan citra yang memiliki banyak frekuensi tinggi. Semakin besar tingkat redudansi spasial yang dimiliki, maka rasio kompresinya juga akan semakin membaik. Semakin besar nilai redudansi spasial citra, maka hasil alihragam *wavelet* citra akan mempunyai nilai-nilai nol atau mendekati nol. Apabila hasil alihragam *wavelet* mempunyai banyak elemen yang bernilai nol, maka algoritma kompresi dapat bekerja dengan optimal. Dalam algoritma kompresi, semakin banyak redundan spasial citra maka citra tersebut menjadi semakin mudah dikompresi. Beberapa cara untuk mendapatkan redundan spasial adalah dengan menaikkan level dekomposisi dan menaikkan nilai parameter *thresholding*. Namun perlu diperhatikan bahwa dengan menaikkan parameter *threshold* maka akan diperoleh nilai MSE yang semakin besar dan PSNR yang semakin kecil. Kompresi yang demikian akan menghasilkan model kompresi *lossy*.

### 5.3. Hasil Uji Dan Analisis Penelitian Tahun 2

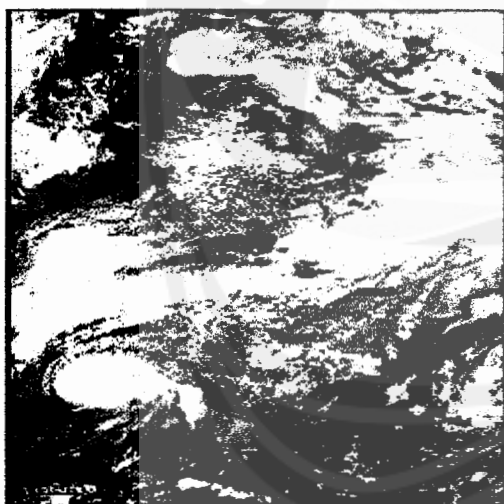
Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit. Citra satelit yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.35 - 5.46.



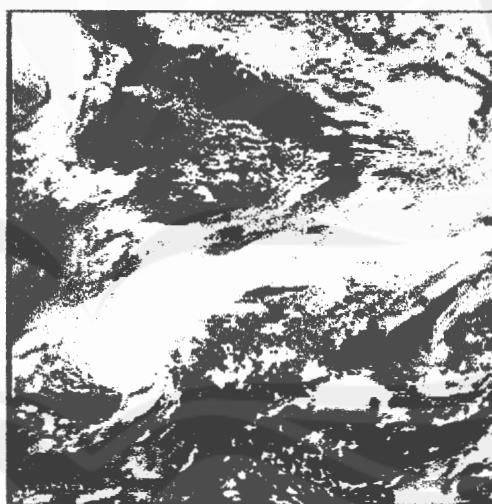
Gambar 5.35. Topan Andrew 24 Agustus



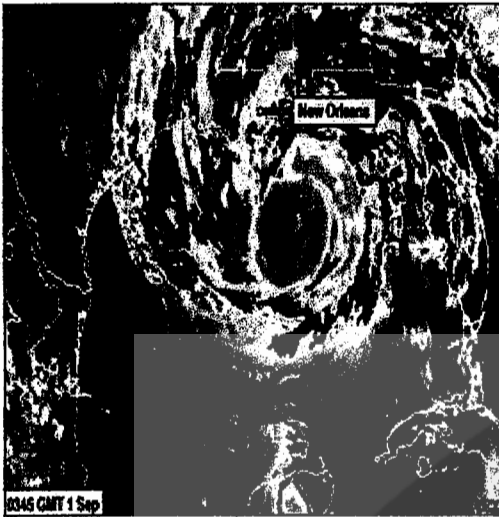
Gambar 5.36. Topan Andrew 25 Agustus



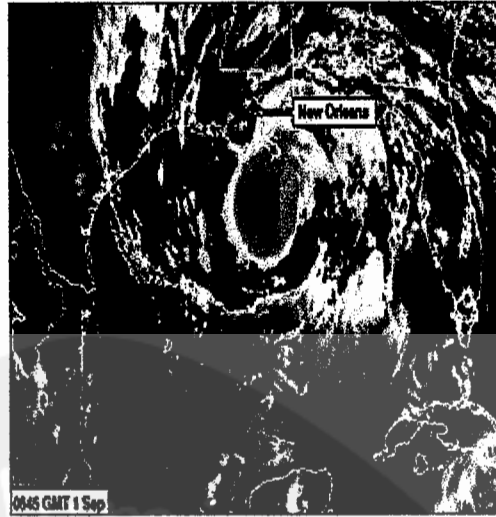
Gambar 5.37. Topan Andrew 26 Agustus



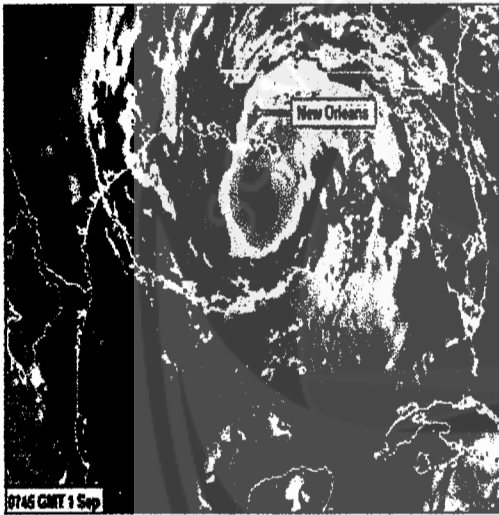
Gambar 5.38. Topan Andrew 27 Agustus



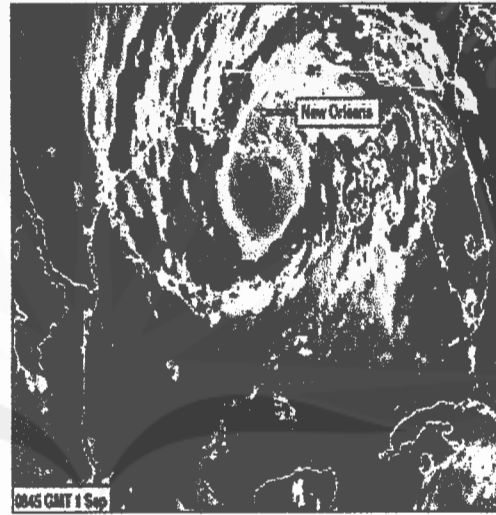
Gambar 5.39. Topan Gustav 1 September  
(03.45 GMT)



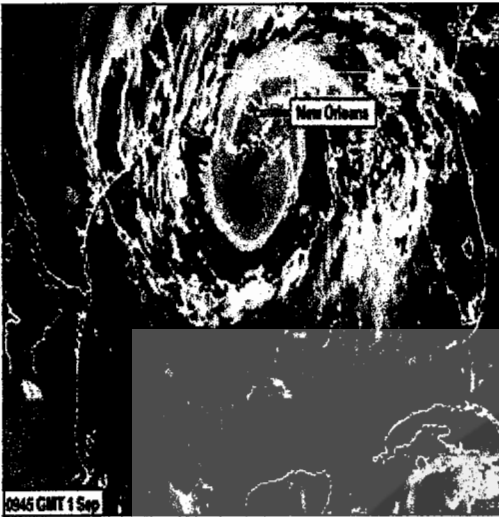
Gambar 5.40. Topan Gustav 1 September  
(06.45 GMT)



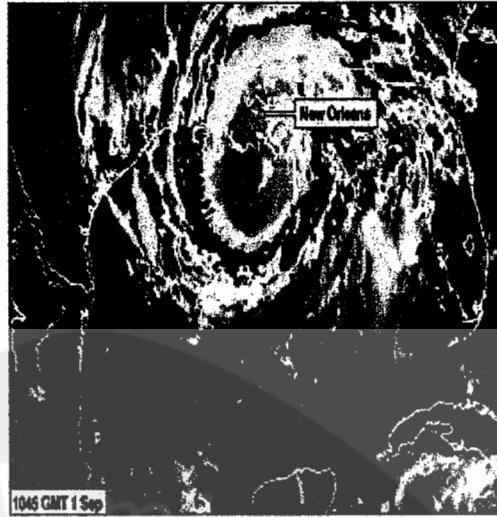
Gambar 5.41. Topan Gustav 1 September  
(07.45 GMT)



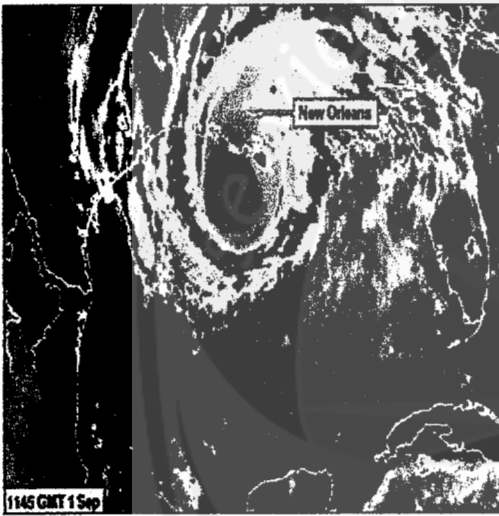
Gambar 5.42. Topan Gustav 1 September  
(08.45 GMT)



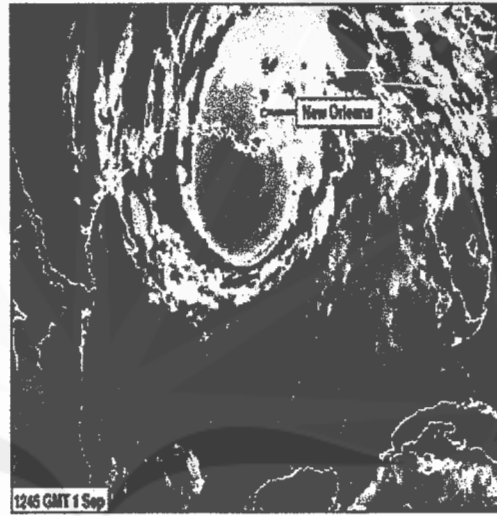
Gambar 5.43. Topan Gustav 1 September (09.45 GMT)



Gambar 5.44. Topan Gustav 1 September (10.45 GMT)

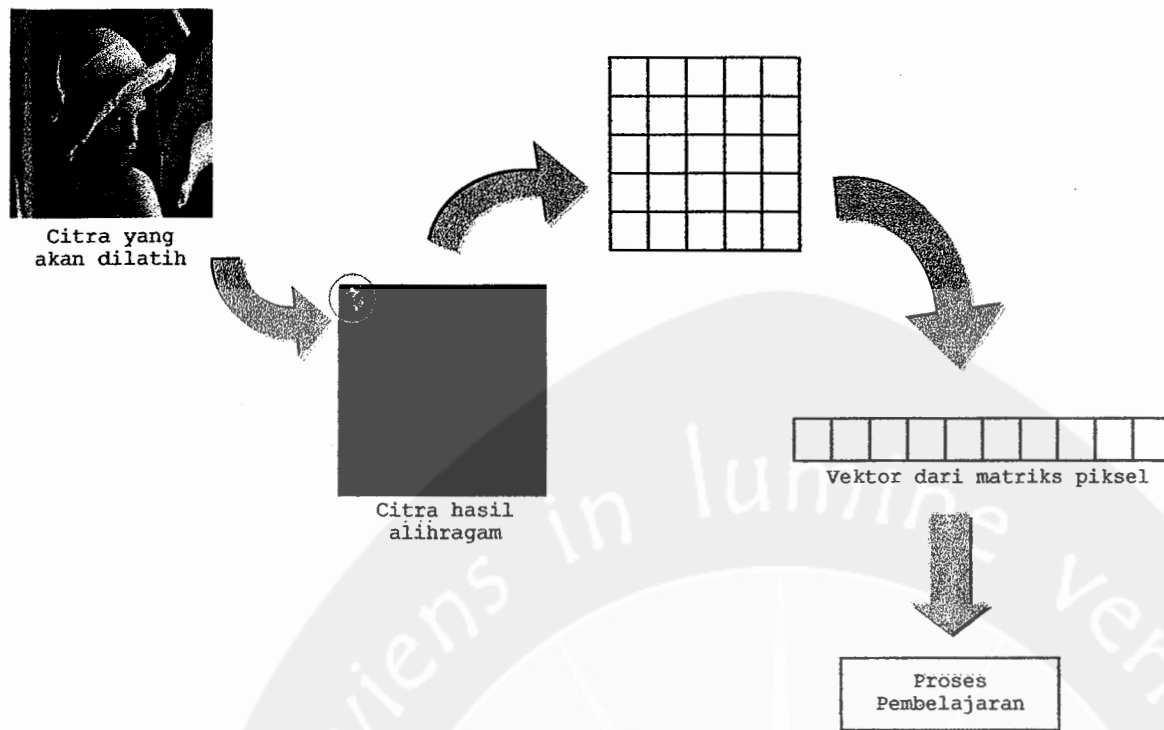


Gambar 5.45. Topan Gustav 1 September (11.45 GMT)



Gambar 5.46. Topan Gustav 1 September (12.45 GMT)

Langkah berikutnya adalah melakukan pemrosesan awal citra-citra tersebut dengan menggunakan gelombang-singkat (wavelet) Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Langkah ini merupakan bagian dari proses pembelajaran yang secara detail dapat dilihat pada gambar 5.47.



**Gambar 5.47. Pemrosesan Awal Alihragam Gelombang-Singkat sebagai Masukan Proses Pembelajaran**

Metode yang dipakai untuk pengenalan pola citra uji adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Pada gambar 5.47 akan diilustrasikan urutan proses pembacaan file citra sampai ke proses pembelajaran. Pertama kali citra input akan dibaca nilai warnanya. Kemudian akan dilakukan transformasi gelombang-singkat (Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4) terhadap citra input tersebut. Transformasi gelombang-singkat dilakukan sampai dengan level 4 sehingga citra hasil transformasi berukuran  $16 \times 16$  piksel. Kemudian dari matriks hasil transformasi gelombang-singkat tersebut akan dijadikan vektor dengan ukuran  $1 \times 256$ . Vektor inilah yang akan dilakukan pelatihan (pembelajaran).



Pada proses pelatihan dengan metode LVQ, pertama kali dibutuhkan inisialisasi bobot awal jaringan. Pada program ini inisialisasi bobot awalnya adalah vektor hasil transformasi dari pola citra uji. Untuk pola output hasil pengenalan akan ditampilkan berdasarkan atas hasil pengenalan (pembelajaran) yang diperoleh jaringan LVQ. Penentuan kelompok ditentukan berdasarkan algoritma aplikasi dari jaringan LVQ yang akan mencari kelas yang sesuai antara pola input dengan bobot yang tersimpan.

Pertama-tama dilakukan proses pembelajaran, yaitu dengan citra awal dan citra simulasi yang sama, hasil yang diharapkan adalah 100 %. Pada tabel 5.1. merupakan hasil dari proses pembelajaran untuk semua citra uji yang menggunakan gelombang-singkat Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4.

Tabel 5.1. Prosentase Proses Pembelajaran Citra Uji dengan Beberapa Fungsi Gelombang-singkat

Dec $\alpha$	Laju Belajar awal $\alpha$	Iterasi	Haar	Coiflet 3	Symlet 5	Biorthogonal 2.4
0,1	0,01	66	100 %	91,6667 %	100 %	100 %

Setelah dilakukan proses pembelajaran kemudian dilakukan proses pengujian, yaitu menggunakan citra yang diberi noise Gaussian dan Salt and Pepper dengan beberapa varians. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.2, yang menghasilkan 100 % pada gelombang-singkat Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,6667 % untuk semua noise dan parameter uji,

Tabel 5.2. Prosentase Proses Pengujian Citra Uji Yang Diberi Noise Pada Beberapa Fungsi Gelombang-singkat

Noise	Varians	Haar	Coiflet 3	Symlet 5	Biorthogonal 2.4
Gaussian	0,1	100 %	91,6667 %	100 %	100 %
Gaussian	0,01	100 %	91,6667 %	100 %	100 %
Salt & Pepper	0,05	100 %	91,6667 %	100 %	100 %
Salt & Pepper	0,02	100 %	91,6667 %	100 %	100 %



## BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *wavelet* Haar mempunyai keunggulan dalam hal:

1. PSNR yang diperoleh relatif lebih tinggi dibandingkan dengan *wavelet* yang lain
2. Rasio kompresi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis *wavelet* yang lain
3. Bit per pixel yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis *wavelet* yang lain
4. Secara beban komputasi, *wavelet Haar* juga mempunyai beban komputasi yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan jenis *wavelet* yang lain, karena mempunyai panjang filter yang lebih pendek. Dengan komputasi yang lebih cepat diharapkan *wavelet* Haar dapat diaplikasikan dalam sistem waktu nyata.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, karakteristik frekuensi citra akan sangat berpengaruh terhadap rasio kompresi yang diperoleh. Citra dengan frekuensi rendah yang dominan akan mempunyai rasio kompresi yang lebih baik dibandingkan dengan citra yang memiliki banyak frekuensi tinggi. Semakin besar tingkat redudansi spasial yang dimiliki, maka rasio kompresinya juga akan semakin membaik. Semakin besar nilai redudansi spasial citra, maka hasil alihragam *wavelet* citra akan mempunyai nilai-nilai nol atau mendekati nol. Apabila hasil alihragam *wavelet* mempunyai banyak elemen yang bernilai nol, maka algoritma kompresi dapat bekerja dengan optimal. Dalam algoritma kompresi, semakin banyak redundan spasial citra maka citra tersebut menjadi semakin mudah dikompresi. Beberapa cara untuk mendapatkan redundan spasial adalah dengan menaikkan level dekomposisi dan menaikkan nilai parameter *thresholding*. Namun perlu diperhatikan bahwa dengan menaikkan parameter *threshold* maka akan diperoleh nilai MSE yang semakin besar dan PSNR yang semakin kecil. Kompresi yang demikian akan menghasilkan model kompresi *lossy*.

Berdasarkan pengujian pula diperoleh bahwa *wavelet* biorthogonal mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan *wavelet* Haar, yaitu mempunyai PSNR yang baik, bpp yang baik, dan rasio kompresi yang lebih baik. Namun untuk *wavelet* biortogonal

mempunyai panjang filter yang relatif panjang, sehingga komputasinya akan membutuhkan waktu yang relatif lama jika dibandingkan dengan *wavelet* Haar.

Penelitian tahun 2 menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit. Berdasarkan pengujian program pengenalan pola yang dibuat ternyata jaringan saraf LVQ dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit. Sedangkan Gelombang-singkat yang menghasilkan 100 % adalah Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,6667 % untuk semua noise dan parameter uji,

## 6.2. Saran

Berhubung wilayah Indonesia secara geografis maupun geologis berpotensi besar mengalami bencana alam, maka penelitian yang berkaitan dengan antisipasi atau deteksi dini bencana alam harus terus dilakukan. Sedangkan hasil-hasil penelitian tersebut harus dilanjutkan dengan implementasi yang nyata. Selain itu perlu ada terobosan untuk memanfaatkan data, baik yang berupa data numerik maupun data citra, karena seringkali data historis tersedia sangat banyak bahkan melimpah, akan tetapi tidak atau belum dimanfaatkan sebagai suatu pengetahuan yang bermanfaat bagi lingkungan dan manusia. Pengetahuan yang diperoleh tersebut dapat berupa pola-pola bencana alam baik sebelum terjadi maupun saat terjadi bencana alam, oleh karena itu penelitian yang berkaitan dengan pengenalan pola bencana alam sangat dibutuhkan. Sebagai contoh pengenalan pola citra satelit dapat digunakan untuk melakukan prediksi atau deteksi dini bencana alam, untuk dapat mewujudkan itu perlu adanya sistem informasi yang dapat melakukan prediksi sebelum adanya bencana alam. Dari hasil penelitian ini akan sangat bermanfaat dalam mengantisipasi akan terjadinya bencana alam sehingga dapat mengurangi atau meniadakan korban jiwa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arymurthy, Murni A., dan Setiawan S., 1992, *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Barber R., Equitz W., Niblack W., Petkovic D., Yanker P., 1993, *Efficient Query by Image Content for Very Large Image Databases*, In Digest of papers, COMPCON Spring 1993, pp. 17 – 19, San Fransisco, CA, USA.
- Benediktson, J.A., Swain, P.H., 1990, *Neural Network Approaches Versus Statistical In Classification Of Multisource Remote Sensing Data*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing vol 28, no 4.
- Burrow, Peter, 2004, *Arabic Handwriting Recognition*, School of Informatics University of Edinburgh
- Chu, Chee-Jung and A.W. Wiltz, 1999, *Luminance Channel Modulated Watermarking of Digital Images*, In Proceedings of the SPIE Wavelet Applications Conference, pp. 437-445.
- Dreuw Philippe, Stephan Jonas, and Hermann Ney, 2008, *White-Space Models for Offline Arabic Handwriting Recognition*, Human Language Technology and Pattern Recognition, RWTH Aachen University
- Dwiandiyanta, B. Yudi, 2005, *Watermarking Citra Warna Digital Menggunakan Alihragam Wavelet*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Fausett, Laurence V, 1994, *Fundamentals Of Neural Network: Architecture, Algorithms And Applications*, Prentice-Hall, New Jersey
- Fjortoft, R., Delignon, Y., Piezynski, W., Tupin, F., 2003, *Unsupervised Classification Of Radar Images Using Hidden Markov Chain And Hidden Markov Random Fields*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing vol 41, no 3, March 2003.

- Gong, Y. Zhang H., Chuan HC., Sakauchi M., 1994, *An Image Database System with Content Capturing and Fast Image Indexing Abilities*, In Proceeding of the international Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 121 – 130.
- Hasan M Shalaby, Mowafak F Hasan, Abbas M Ali, 2005, *A New Database Scheme Arabic Handwriting Recognition by Hopfield Neural Network Algorithm*, Journal of Computer Science
- Hirata K., Kato T., 1992, *Query By Visual Example – Content Based Image Retrieval*, Advances in Database Technology, pp. 56 – 71, Vienna Austria.
- Kankanhalli, A., Zhang H.J., Low, C.Y., 1994, *Using Texture for Image Retrieval*, In International Conference on Automation, Robotics, and Computer Vision.
- Kato, T., 1992, *Database Architecture for Content-Based Image Retrieval*, In Proceedings of the SPIE – The International Society for Optical Engineering, Vol 1662, pp. 112 – 123, San Jose, CA, USA.
- Kelly P.M., Cannon T.M., 1994, *Comparison Algorithm for Navigating Digital Image Databases*, In Proceedings of The Seventh International Working Conference on Scientific and Statistical Database Management Storage and Retrieval for Image and Video Databases.
- Kitamoto A., Zhou C., Takagi M., 1993, *Similarity Retrieval of NOAA Satellite Imagery by Graph Matching*, In Storage and Retrieval for Image and Video Databases, pp 60 – 73.
- Kutter, M., F. Jordan, and F. Bossen, 1997, *Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation*, Proceedings of the 6<sup>th</sup> SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Vol. 2952, pp. 518-526.
- Mansour, M, M. Benkhadda & A. Benyettou, 2005, *Optimized Segmentation Techniques for Handwritten Arabic Word and Numbers Character Recognition*, IEEE SITIS
- Niblack, W., Barber R., Equitz W., Flickner M., Glasman E., Petkovic D., Yanker P., Faloutsos C, Taubin G., 1993, *The QBIC Project: Query Images by Content Using Color, Texture and Shape*, In Storage and Retrieval for Image and Video Databases, pp. 173 – 187.

- Schalkoff, R. J., 1992, *Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches*. Wiley, New York, NY.
- Sebayang, Mardani, 2002, *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Landsat Thematic Mapper (Studi Kasus Di Kotamadya Surabaya)*, Jurnal Natur Indonesia 5(1).
- Shann R., Davis D., Oaklay J., White F., 1993, *Detections and Characterisation of Carboniferous Foraminifera for Content-based Retrieval from an Image Database*, In *Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, volume 1908, pp. 188 – 197, SPIE.
- Shibata, M., Inoue S., 1990, *Assosiative Retrieval Method for Image Database*, Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, pp. 26 – 34.
- Smoliar A.W., Zhang H.J., 1994, *Content-based Video Indexing and Retrieval*, IEEE Multimedia, pp. 62 – 72.
- Stanchev P.L., Smeulders A.W.M., Groen F.C.A., 1992, *An Approach to Image Indexing of Documents*, IFIP Transactions A Computer Science and Technology, pp. 63 – 77.
- Suksmadana, Made Budi, 2001, *Pemampatan Data Citra Berwarna menggunakan Alihragam Gelombang-Singkat*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Swain, M.J., 1993, *Interactive Indexing into Image Database*, In *Storage and retrieval for Image and Video Databases*, volume 1908, pp. 95 – 103.
- Weiser, M., 1993, *Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing*, Communications of the ACM, 36(7), pp. 74 – 84.

A

PROGRAM





```
relet image compression - RGB images
: all;
: all;
ading an image file

asiWavelet = { 'haar', 'db2', 'db3', 'db4', 'db5', 'coif1', 'coif2', 'coif3', 'coif4'
if5', 'sym2', 'sym3', 'sym4', 'sym5', 'sym6', 'sym7', 'sym8', 'bior1.3', 'bior1.5',
r2.2', 'bior2.4', 'bior2.6', 'bior2.8', 'bior3.1', 'bior3.3', 'bior3.5', 'bior3.7', '
3.9', 'bior4.4', 'bior5.5', 'bior6.8'};
hVariasiWavelet = size(variasiWavelet,2);
l=1:jumlahVariasiWavelet

'badai7.bmp';
read(im);
utting the decomposition level and name of the wavelet
put('Enter the decomposition level');

arna=1:3
e = input('Enter the name of the wavelet');
e = char(variasiWavelet(i));
double(X);
ors = 255;
gray(NbColors);
uint8(x);
(:, :, warna);

= wavedec2(x,n,wname);
b2 for selecting level dependent thresholds
a = 1.5; m = 2.7*prod(s(1,:));
l = 1.5; m = prod(s(1,:));
nkeep] = wdcbm2(c,s,alpha,m)
[ 200 100 70 50;
 200 100 70 50;
 200 100 70 50]
pression
(:, :, warna), cxd, sxd, perf0, perf1,2] = wdencmp('lvd',c,s,wname,n,thr,'h');
'Compression Ratio');
perf0);
ressionRatio(warna)=perf0;
ompression
, warna) = waverec2(c,s,wname);

X0 = waverec2(NC,S,wavelet);
onstruct the original image from the I level decomposition.
econstruct the original image from the wavelet decomposition structure, type
=double(x);
ht, width]=size(x);
, warna)=sum(sum((xtemp-R(:, :, warna)).*(xtemp-R(:, :, warna)))/(height*width);
i, warna)=20*log10(255/sqrt(mse(i, warna)));

ressionRatioWarna(i, warna) = (compressionRatio(1) + compressionRatio(2) + compression
(3))/3

uint8(R);
```

```
original and compressed images.
ot(221), image(X);
map(map);
('Citra Asli')
ot(222), image(uint8(xd));
map(map);
('Citra Kompresi')
playing the results
= ['2-norm rec.: ', num2str(perf12)];
= [' % -- zero cfs: ', num2str(perf0), ' %'];
rel([xlab1 xlab2]);
ot(223), image(rc);
map(map);
('Citra Rekonstruksi');
uting the image size
'Original Image');
te(x, 'original.tif');
fo('original.tif')
'Compressed Image');
te(xd, 'compressed.tif');
fo('compressed.tif')
info('compressed.tif');
, warna)=a.FileSize*8/(512*512)
'Decompressed Image');
te(rc, 'decompressed.tif');
fo('decompressed.tif')
```



```
rs(0)  
ialisasiBobot;  
atihanLVQ;  
:SimulasiBanyakData;  
tjian;  
rs
```



```
;
rCitraPelatihan = {'aug24Andrew.bmp' 'aug25Andrew.bmp' 'aug26Andrew.bmp' 'aug27Andre
' ...
gustav1a.bmp' 'gustav2.bmp' 'gustav3.bmp' 'gustav4.bmp' 'gustav5.bmp' 'gustav6.bmp'
av7.bmp' 'gustav8.bmp'};
Target = [1 1 1 1 ...
2 2 2 2 2 2 2 2];

ite('target.dat', kelasTarget);
hCitraPelatihan = size(daftarCitraPelatihan, 2);

i citra kemudian didekomposisikan wavelet
=1:jumlahCitraPelatihan
citra = imread(char(daftarCitraPelatihan(i)));
citra = rgb2gray(citra);
citra = histeq(citra);
citraDekomposisi = dwt2p(citra, 4, 'coif3');
citraAproksimasi(1:16, 1:16) = citraDekomposisi(1:16, 1:16);
citraAproksimasiVektor = reshape(citraAproksimasi, 1, 256);
citraAproksimasiVektor = citraAproksimasiVektor / max(citraAproksimasiVektor);
inputJaringan(i, :) = citraAproksimasiVektor;

ite('inputJaringan.dat', inputJaringan); %tulis ke file

ukan bobot awal
rCitraAwal = {'aug24Andrew.bmp' 'gustav1a.bmp'};
hCitraAwal = size(daftarCitraAwal, 2);

=1:jumlahCitraAwal
citra = imread(char(daftarCitraAwal(i)));
citra = rgb2gray(citra);
citra = histeq(citra);
citraDekomposisi = dwt2p(citra, 4, 'coif3');
citraAproksimasi(1:16, 1:16) = citraDekomposisi(1:16, 1:16);
citraAproksimasiVektor = reshape(citraAproksimasi, 1, 256);
citraAproksimasiVektor = citraAproksimasiVektor / max(citraAproksimasiVektor);
bobotAwal(i, :) = citraAproksimasiVektor;

ite('bobotAwal.dat', bobotAwal); %tulis ke file
```

```
:svread('inputJaringan.dat');
:svread('target.dat');
:svread('bobotAwal.dat');
    = size(P);
i1] = size(w);
i2] = size(T);

: parameter
    = 0.01; %asli 0.01
.fa = 0.1; %norm 0.1
.fa = 0.00001;
:erasi = 500;

mulai iterasi
isi=0;
:(iterasi<=maxiterasi)&(alfa>=minalfa),
:terasi=iterasi+1;
for k=1:m,
    for c=1:m1,
        D(c)=0;
        for i=1:n,
            D(c)=D(c)+(w(c,i)-P(k,i))^2;
        end;
        D(c)=sqrt(D(c));
    end;
    [jmin idx] = min(D);
    if idx==T(k),
        w(idx,:)=w(idx,:)+alfa*(P(k,:)-w(idx,:));
    else
        w(idx,:)=w(idx,:)-alfa*(P(k,:)-w(idx,:));
    end;
end;
:isp(strcat('iterasi ke-',int2str(iterasi),' : alfa=',num2str(alfa)))
:lfa=alfa-decalfa*alfa;

:ambilkan bobot akhir
:akhir=w;
:ite('bobotAkhir.dat',w)
```

```
daftarCitraSimulasi = {'24SP0,05.bmp' '25SP0,05.bmp' '26SP0,05.bmp' '27SP0,05.bmp' ...  
'1SP0,05.bmp' '2SP0,05.bmp' '3SP0,05.bmp' '4SP0,05.bmp' '5SP0,05.bmp' '6SP0,05.bmp' ' ...  
'7SP0,05.bmp' '8SP0,05.bmp'};  
targetSimulasi = [1 1 1 1 ...  
2 2 2 2 2 2 2];  
daftarCitraSimulasi = {'24SP0,02.bmp' '25SP0,02.bmp' '26SP0,02.bmp' '27SP0,02.bmp' ...  
'1SP0,02.bmp' '2SP0,02.bmp' '3SP0,02.bmp' '4SP0,02.bmp' '5SP0,02.bmp' '6SP0,02.bmp' ' ...  
'7SP0,02.bmp' '8SP0,02.bmp'};  
targetSimulasi = [1 1 1 1 ...  
2 2 2 2 2 2 2];  
daftarCitraSimulasi = {'24G0,1.bmp' '25G0,1.bmp' '26G0,1.bmp' '27G0,1.bmp' ...  
'1G0,1.bmp' '2G0,1.bmp' '3G0,1.bmp' '4G0,1.bmp' '5G0,1.bmp' '6G0,1.bmp' '7G0,1.bmp' ...  
'8G0,1.bmp'};  
targetSimulasi = [1 1 1 1 ...  
2 2 2 2 2 2 2];  
daftarCitraSimulasi = {'24G0,01.bmp' '25G0,01.bmp' '26G0,01.bmp' '27G0,01.bmp' ...  
'1G0,01.bmp' '2G0,01.bmp' '3G0,01.bmp' '4G0,01.bmp' '5G0,01.bmp' '6G0,01.bmp' '7G0,0 ...  
'8G0,01.bmp'};  
targetSimulasi = [1 1 1 1 ...  
2 2 2 2 2 2 2];  
daftarCitraSimulasi = {'aug24Andrew.bmp' 'aug25Andrew.bmp' 'aug26Andrew.bmp' 'aug27Andre ...  
'28Andrew.bmp' 'aug29Andrew.bmp' 'aug30Andrew.bmp' 'aug31Andrew.bmp' ' ...  
'gustav1a.bmp' 'gustav2.bmp' 'gustav3.bmp' 'gustav4.bmp' 'gustav5.bmp' 'gustav6.bmp' ...  
'gustav7.bmp' 'gustav8.bmp'};  
targetSimulasi = [1 1 1 1 ...  
2 2 2 2 2 2 2];  
write('targetSimulasi.dat',targetSimulasi);  
[jumlahCitraSimulasi,daftarCitraSimulasi] = size(daftarCitraSimulasi,2);  
for i = 1:jumlahCitraSimulasi  
    citra = imread(char(daftarCitraSimulasi(i)));  
    citra = rgb2gray(citra);  
    citra = histeq(citra);  
    citraDekomposisi = dwt2p(citra,4,'coif3');  
    citraAproksimasi(1:16,1:16)=citraDekomposisi(1:16,1:16);  
    citraAproksimasiVektor = reshape(citraAproksimasi,1,256);  
    citraAproksimasiVektor = citraAproksimasiVektor/max(citraAproksimasiVektor);  
    inputSimulasi(i,:)=citraAproksimasiVektor;  
end  
write('inputSimulasi.dat',inputSimulasi); %tulis ke file
```

```
svread('bobotAkhir.dat');
svread('inputSimulasi.dat');

4]=size(X);

ze(w,1);

=1:size(X,1),
or c=1:m1,      %jumlah kelas
  D(c)=0;
  for i=1:n4,   %jumlah input
    D(c)=D(c)+(w(c,i)-X(k,i))^2;
  end;
  D(c)=sqrt(D(c));

ambilkan nilai bobot akhir tiap kelas
(['Nilai bobot akhir : ' num2str(D(c))])

jmin idx] = min(D);
=[H;idx];

'Data ke   Target   Hasil')
[(1:m4)'   'T'     H])

ng persentase
tSimulasi = csvread('targetSimulasi.dat');
ta = size(H,1);
erBenar=0;
=1:jumData
f H(i)== targetSimulasi(i)
  counterBenar = counterBenar + 1;
nd

ntase = counterBenar*100 / jumData
```

```
ion host = dwt2p(citra,jumlah_level,nwavelet)

% ini digunakan untuk mendekomposisi level ke-n pada citra
% modified: Selasa, 26 Oktober 2004 jam 12.24
% l: sementara OK !!

% tara = citra;
% tara = double(sementara);
% [s,kolom]=size(citra);

% level = 1 : jumlah_level
% [A,B,C,D]=dwt2(sementara,nwavelet);
% sementara=A;

% transfer hasil dekomposisi ke matriks citra host
% transfer approximation
for i = 1 : baris/2^level
    for j = 1 : kolom/2^level
        host(i,j)=A(i,j);
    end
end

% transfer horisontal detail kanan atas
for i = 1 : (baris/2^level)
    for j = (kolom/2^level) + 1 : kolom/2^(level-1)
        host(i,j)=B(i , j-kolom/2^level);
    end
end

% transfer vertical detail kiri bawah
for i = (baris/2^level) + 1 : baris/2^(level-1)
    for j = 1 : kolom/2^level
        host(i,j)=C(i-(baris/2^level) , j);
    end
end

% transfer diagonal detail
for i = (baris/2^level) + 1 : baris/2^(level-1)
    for j = (kolom/2^level) + 1 : kolom/2^(level-1)
        host(i,j)=D(i-(baris/2^level) , j-(kolom/2^level) );
    end
end

% End of level
```



```
function citra_dekomposisi=dwt2RGB(Citra1,jumlah_level,nwavelet)  
  
R=Citra1(:,:,1);  
G=Citra1(:,:,2);  
B=Citra1(:,:,3);  
  
R_dekomposisi(:,:,1)=dwt2p(RRed,jumlah_level,nwavelet);  
G_dekomposisi(:,:,2)=dwt2p(GGreen,jumlah_level,nwavelet);  
B_dekomposisi(:,:,3)=dwt2p(BBlue,jumlah_level,nwavelet);
```



**B**

**PUBLIKASI**



# PEMAMPATAN CITRA SATELIT MENGGUNAKAN BEBERAPA FUNGSI GELOMBANG-SINGKAT

Alb. Joko Santoso<sup>1)</sup>, F. Soesianto<sup>2)</sup>, B. Yudi Dwiandiyanto<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
<sup>1,2,3</sup> Jalan Babarsari 43, Yogyakarta, 55281

Telp : (0274) 487711, Fax : (0274)

E-mail : albjoko@mail.uajy.ac.id<sup>1)</sup>, fhsoes@mail.uajy.ac.id<sup>2)</sup>, yudi-dwi@mail.uajy.ac.id<sup>3)</sup>

## Abstract

Data citra merupakan kombinasi informasi dan redundansi, bagian informasi adalah bagian data yang dipertahankan keberadaannya karena mengandung makna dan peruntukan data. Sedangkan bagian redundansi merupakan bagian data yang dapat direduksi, dimampatkan, atau dihilangkan. Permasalahan yang muncul adalah berkenaan dengan sifat data citra yang menghabiskan banyak memori.

Pada makalah ini akan dibandingkan 31 fungsi gelombang-singkat dengan melihat pengaruhnya terhadap PSNR, rasio kompresi, dan bit per piksel (bpp) serta pengaruh level dekomposisi terhadap PSNR dan rasio kompresi.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, wavelet Haar mempunyai keunggulan yaitu PSNR yang diperoleh relatif lebih tinggi dibandingkan dengan wavelet yang lain. Rasio kompresi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis wavelet yang lain. Bit per piksel yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis wavelet yang lain

**Keywords:** citra satelit, pemampatan, gelombang-singkat

## 1. Pendahuluan

Pada dasarnya informasi dapat berupa teks dan gambar (citra), dengan informasi tersebut diharapkan akan diperoleh suatu pengetahuan yang bermanfaat bagi kehidupan didunia ini. Citra adalah penterjemahan data-data dalam bentuk gambar yang dapat merepresentasikan data-data tersebut. Data citra merupakan kombinasi informasi dan redundansi, bagian informasi adalah bagian data yang dipertahankan keberadaannya karena mengandung makna dan peruntukan data. Sedangkan bagian redundansi merupakan bagian data yang dapat direduksi, dimampatkan, atau dihilangkan.

Permasalahan yang muncul adalah berkenaan dengan sifat data citra yang menghabiskan banyak memori. Banyaknya memori yang dihabiskan oleh gambar-gambar ini mengakibatkan kemampuan penyimpanan data citra menjadi berkurang. Dalam telekomunikasi pentransmisi data citra membutuhkan saluran transmisi yang mempunyai lebarbidang (*bandwidth*) yang besar. Dalam dunia komputer dan internet, pemampatan berkas digunakan dalam berbagai keperluan, jika ingin mencadangkan data, tidak perlu menyalin semua berkas aslinya, dengan memampatkan (mengecilkan ukurannya) berkas tersebut terlebih dahulu, maka kapasitas tempat

penyimpanan yang diperlukan akan menjadi lebih kecil. Jika sewaktu-waktu data tersebut diperlukan, baru dikembalikan lagi ke berkas aslinya.

Tujuan penulisan paper ini adalah membandingkan 31 fungsi gelombang-singkat (wavelet) untuk pemampatan citra satelit sehingga bermanfaat untuk menghemat ruang penyimpanan, menghemat waktu akses CPU (*Central Processing Unit*), dan apabila menggunakan jaringan komputer, data yang sudah dimampatkan tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga dapat menghemat waktu pengirimannya. Parameter-parameter yang digunakan untuk pembandingan fungsi-fungsi gelombang-singkat adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per piksel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi. Adapun fungsi Gelombang-Singkat yang diuji adalah :

- a. Haar
- b. Daubechies (db 2, db 3, db 4, db 5)
- c. Coiflets (coif 1, coif 2, coif 3, coif 4, coif 5)
- d. Symlets (sym 2, sym 3, sym 4, sym 5, sym 6, sym 7, sym 8)
- e. Biorthogonal (bior 1.3, bior 1.5, bior 2.2, bior 2.4, bior 2.6, bior 2.8, bior 3.1, bior 3.3, bior 3.5, bior 3.7, bior 3.9, bior 4.4, bior 5.5, bior 6.8).

## 2. Landasan Teori

Gelombang-singkat adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen yang frekuensinya berbeda, kemudian mempelajari setiap komponen dengan resolusi yang cocok untuk setiap ukuran (*scale*) (Mubarak, 2003). Gelombang-singkat merupakan suatu bentuk gelombang yang secara efektif memiliki batas durasi nilai rerata nol. Aplikasi yang telah berhasil diwujudkan dengan memanfaatkan gelombang-singkat diantaranya kompresi data citra, *watermarking*, deteksi tepi, sistem radar, dan penyandian sidik jari. Salah satu alasan mengapa alihragam gelombang-singkat menjadi begitu penting dalam berbagai bidang adalah karena sifat-sifat berikut:

- a. Waktu kompleksitasnya bersifat linear. Alihragam gelombang-singkat dapat dilakukan dengan sempurna dengan waktu yang bersifat linear.
- b. Koefisien-koefisien gelombang-singkat bersifat jarang. Secara praktis, koefisien-koefisien gelombang-singkat kebanyakan bernilai kecil. Kondisi ini sangat memberikan keuntungan terutama dalam bidang kompresi data.
- c. Gelombang-singkat dapat beradaptasi pada berbagai jenis fungsi, seperti fungsi tidak kontinyu, dan fungsi yang didefinisikan pada domain yang dibatasi.

Tujuan pemampatan citra adalah mengurangi kapasitas penyimpanan tanpa menghilangkan kualitas citra secara signifikan. Ciri dari suatu citra ialah adanya korelasi yang erat antara suatu piksel dengan piksel lainnya. Pemampatan data citra dapat dilakukan dengan alihragam gelombang-singkat (*wavelet*). Stollnitz mengatakan bahwa salah satu sifat dari gelombang-singkat adalah kejarangan. (Stollnitz, 1996). Pada kenyataannya, banyak koefisien dalam representasi gelombang-singkat yang nilainya nol atau sangat kecil. Sifat inilah yang memberikan peluang untuk melakukan pemampatan data citra.

Sifat utama dari alihragam gelombang-singkat dalam pemampatan citra diam adalah terjadinya distorsi minimum pada citra terekonstruksi meskipun dilakukan penghilangan koefisien-koefisien alihragam yang mendekati nol. Padahal alihragam gelombang-singkat atas citra akan menghasilkan banyak subbidang citra yang mempunyai magnitudo sangat kecil. Penetapan threshold non negatif, elemen-elemen subbidang citra bernilai sangat kecil dapat dinolkan sehingga dapat menghasilkan matriks sangat jarang. Adanya matriks sangat jarang akan memudahkan untuk ditransmisikan dan disimpan, bahkan citra hasil rekonstruksi dengan thresholding (kuantisasi) ini dapat

memberikan hasil yang dapat diterima secara visual mata.

Saat ini aplikasi wavelet sedang mendapat banyak perhatian di dunia penelitian, salah satunya adalah untuk menganalisis citra. Sebagai teknik analisis sinyal diskret 2-dimensi, misalnya citra, wavelet mendekomposisi sinyal menjadi sinyal rata-rata, detil vertikal, horisontal dan diagonal pada beberapa level yang diinginkan. Atau, wavelet mendekomposisi sinyal asli menjadi sinyal-sinyal pada beberapa band frekuensi (dinamakan *analisis multi-resolusi*). Analisis dapat dilakukan dengan *Discrete Wavelet Transform* (Mallat, 1999) atau teknik dekomposisi standard dan non-standard dengan wavelet Haar (Chakrabarti, 2000, dan Natsev, 1999). Penciri (*signature*) citra yang dibangkitkan dengan wavelet diambil dari koefisien wavelet pada level tertentu (misalnya 3, 4 atau 5) dan dapat berukuran jauh lebih kecil dari citra asli.

Citra Satelit merupakan data citra yang menggunakan satelit sebagai wahananya. Satelit tersebut menggunakan sensor untuk dapat merekam kondisi atau gambaran dari permukaan bumi. Umumnya diaplikasikan dalam kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan sumber daya alam di permukaan bumi (bahkan ada beberapa satelit yang sanggup merekam hingga dibawah permukaan bumi), studi perubahan lahan dan lingkungan, dan aplikasi lain yang melibatkan aktifitas manusia di permukaan bumi. Kelebihan dari teknologi terutama dalam dekade ini adalah dalam kemampuan merekam cakupan wilayah yang luas dan tingkat resolusi dalam merekam obyek yang sangat tinggi. Data yang dihasilkan dari citra satelit kemudian diturunkan menjadi data tematik dan disimpan dalam bentuk basisdata untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi.

## 3. Metode Penelitian

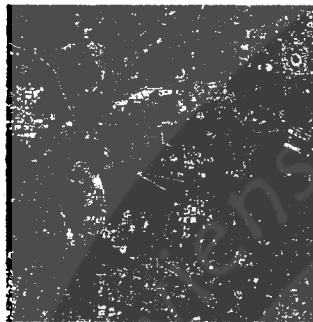
Penelitian ini dirancang sebagai penelitian dengan kaji pustaka dan eksperimen. Kaji pustaka mencari beberapa fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang sudah ada dan teori pengolahan citra, serta penulisan source code. Sedangkan kaji eksperimen dilakukan untuk menguji fungsi gelombang-singkat (*wavelet*) yang cocok atau sesuai untuk pemampatan citra satelit dan menguji beberapa citra satelit.

Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512 x 512 yang diperoleh dari data satelit. Dalam paper ini akan disajikan beberapa hasil *prototipe* program yang disusun dengan menggunakan bantuan program Matlab. Selain

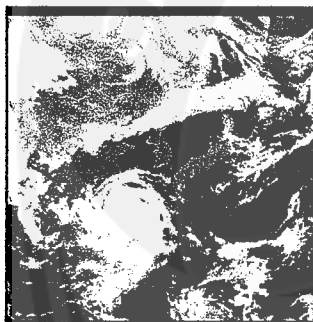
itu akan disajikan pula hasil ujicoba kompresi dengan menggunakan beberapa jenis wavelet dan pengaruhnya terhadap nilai parameter PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), rasio kompresi (%), dan laju bit atau bpp (*bit per piksel*), serta pengaruh level dekomposisi terhadap PSNR dan rasio kompresi untuk fungsi gelombang-singkat Haar.

**4. Hasil Penelitian**

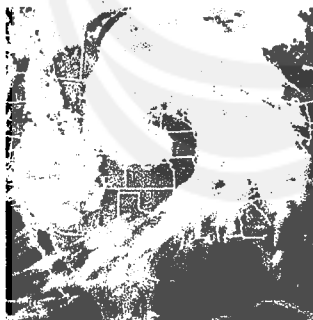
Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 512x512 yang diperoleh dari data satelit. Citra yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Citra Satelit yang digunakan untuk uji coba (a) *bigmap.bmp*, (b) *22.bmp*, (c) *awan1.bmp*

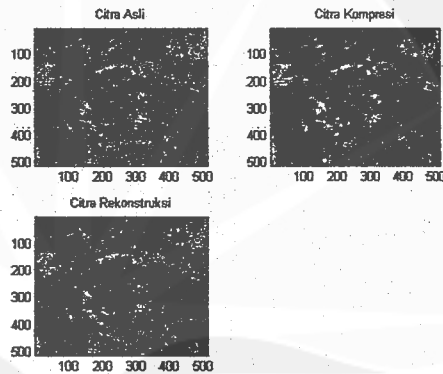
Dalam penelitian ini digunakan beberapa fungsi wavelet (31 fungsi), yaitu: wavelet Haar, db2, db3, db4, db5, coif1, coif2, coif3, coif4,

coif5, sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8. Wavelet ini kemudian dicoba digunakan untuk mengkompresi citra uji. Hasil kompresi dari tiap-tiap wavelet kemudian dibandingkan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per piksel*), rasio kompresi dan level dekomposisi.

Dalam makalah ini akan disajikan beberapa hasil *prototipe* program yang disusun dengan menggunakan bantuan program Matlab, di antaranya adalah:

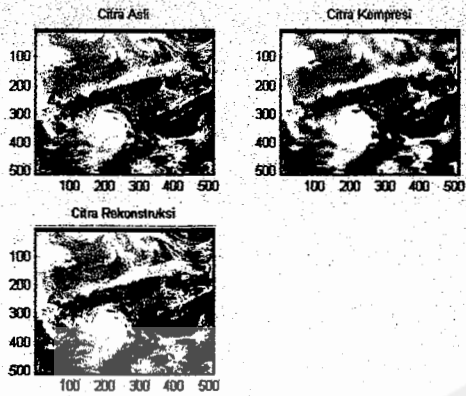
1. Fungsi kompresi dan dekompresi
2. Fungsi perhitungan PSNR, MSE, bpp, dan rasio kompresi

Selain itu akan disajikan pula hasil ujicoba kompresi dengan menggunakan beberapa jenis wavelet dan pengaruhnya terhadap nilai parameter PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), MSE (*Mean Square Error*), bpp (*bit per piksel*), rasio kompresi, dan level dekomposisi. Berikut adalah keluaran dari program.

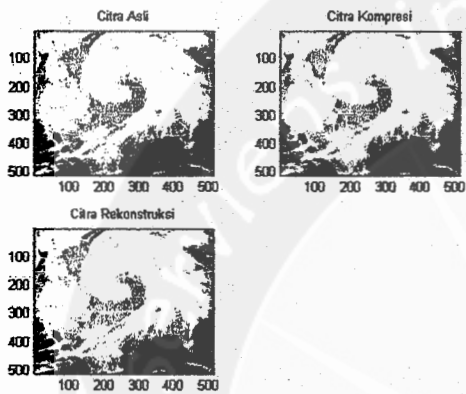


Gambar 2. Kompresi dan Dekompresi Citra Bigmap

Gambar 2 – Gambar 4 adalah contoh hasil kompresi dan dekompresi citra uji. Citra yang ditampilkan pada gambar tersebut dikompresi menggunakan wavelet biorthogonal 6.8, dengan jumlah level dekomposisi 4. Berdasarkan perhitungan secara statistik, diperoleh nilai MSE cukup kecil yang menunjukkan bahwa citra hasil rekonstruksi mirip dengan citra yang akan dikompresi.

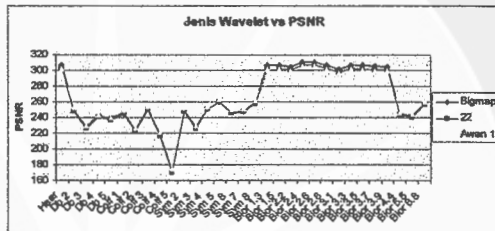


Gambar 3. Kompresi dan Dekompresi Citra 22



Gambar 4. Kompresi dan Dekompresi Citra Awan 1

Coif 5	171.5267	169.6	175.3233
Sym 2	249.4033	248.2833	252.54
Sym 3	228.5767	226.24	229.82
Sym 4	250.98	250.5433	254.9033
Sym 5	260.1567	259.7533	264.3067
Sym 6	246.9833	246.4167	250.7267
Sym 7	247.8233	247.62	252.46
Sym 8	260.35	257.9967	261.5633
Bior 1.3	306.9467	302.4333	301.8033
Bior 1.5	306.78	302.3933	301.6
Bior 2.2	304.93	300.6267	299.83
Bior 2.4	311.2933	306.5967	305.9333
Bior 2.6	311.1767	306.7633	306.01
Bior 2.8	307.24	302.8833	302.0033
Bior 3.1	301.8267	297.58	296.6667
Bior 3.3	306.8467	302.5633	301.67
Bior 3.5	306.7167	302.22	301.32
Bior 3.7	305.6733	301.3167	300.42
Bior 3.9	305.3133	300.9733	300.13
Bior 4.4	245.1267	243.55	247.3067
Bior 5.5	243.1133	241	244.5767
Bior 6.8	258.72	257.49	261.3533



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Jenis Wavelet terhadap PSNR (dB)

**Pengaruh Jenis Wavelet terhadap PSNR**

PSNR merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengkuantifikasi kualitas citra. Parameter PSNR sering dipakai sebagai tingkat kemiripan antara citra terekonstruksi dengan citra asli. PSNR yang lebih besar akan menghasilkan kualitas citra yang lebih baik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pengaruh Jenis Wavelet terhadap PSNR (dB)

Jenis Wavelet	(Bigmap)	(22)	(Awan 1)
Haar	307.09	302.6167	301.8
Db 2	249.4033	248.2833	252.54
Db 3	228.5767	226.24	229.82
Db 4	243.1367	240.77	244.4333
Db 5	239.79	236.98	240.4833
Coif 1	245.6833	245.18	249.5967
Coif 2	224.2433	222.7833	226.5667
Coif 3	251.5967	249.9333	255.1233
Coif 4	218.2733	216.7433	222.31

Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa urutan 3 jenis wavelet yang mempunyai PSNR tertinggi adalah

- Untuk citra satelit bigmap.bmp adalah Bior 2.4, Bior 2.6, kemudian Haar.
- Untuk citra satelit 22.bmp dan awan1.bmp adalah Bior 2.6, Bior 2.4, kemudian Haar.

Ternyata ada perbedaan untuk citra satelit bigmap.bmp dengan 22.bmp dan awan1.bmp yaitu untuk urutan Bior 2.4 dan Bior 2.6. Wavelet Bior 2.4 lebih cocok untuk citra yang warnanya hampir serupa, sedangkan bior 2.6 lebih cocok untuk citra yang berwarna lebih bervariasi. Sedangkan wavelet Haar lebih mudah beradaptasi untuk beberapa jenis citra uji.

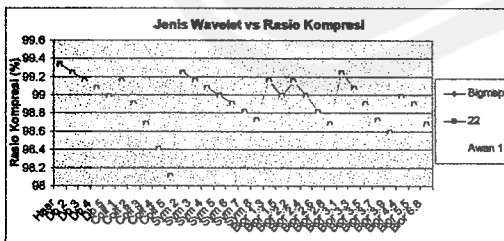
**Pengaruh Jenis Wavelet terhadap Rasio Kompresi**

Rasio kompresi digunakan untuk mengukur kemampuan pemampatan data, yaitu dengan membandingkan ukuran citra asli

dengan ukuran citra yang dimampatkan. Semakin besar rasio kompresinya berarti semakin baik fungsi gelombang-singkatnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengaruh Jenis *Wavelet* terhadap Rasio Kompresi

Jenis Wavelet	(Bigmap)	(22)	(Awan 1)
Haar	99.313	99.339	99.313
Db 2	99.237	99.238	99.237
Db 3	99.156	99.156	99.156
Db 4	99.075	99.075	99.075
Db 5	98.987	98.987	98.987
Coif 1	99.156	99.156	99.156
Coif 2	98.902	98.902	98.902
Coif 3	98.682	98.682	98.682
Coif 4	98.401	98.401	98.401
Coif 5	98.103	98.103	98.103
Sym 2	99.237	99.238	99.237
Sym 3	99.156	99.156	99.156
Sym 4	99.075	99.075	99.075
Sym 5	98.987	98.988	98.987
Sym 6	98.902	98.902	98.902
Sym 7	98.812	98.812	98.812
Sym 8	98.723	98.723	98.723
Bior 1.3	99.156	99.158	99.156
Bior 1.5	98.987	98.989	98.988
Bior 2.2	99.156	99.156	99.156
Bior 2.4	98.987	98.988	98.987
Bior 2.6	98.812	98.812	98.812
Bior 2.8	98.682	98.683	98.682
Bior 3.1	99.237	99.238	99.237
Bior 3.3	99.075	99.076	99.075
Bior 3.5	98.902	98.902	98.902
Bior 3.7	98.723	98.723	98.723
Bior 3.9	98.591	98.591	98.591
Bior 4.4	98.987	98.987	98.987
Bior 5.5	98.902	98.902	98.902
Bior 6.8	98.682	98.682	98.682



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Jenis *Wavelet* terhadap Rasio Kompresi

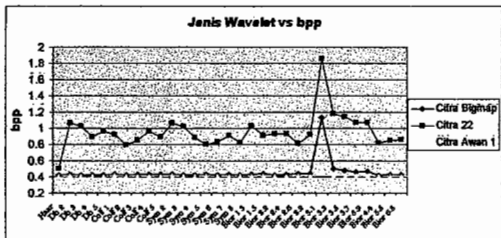
Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa urutan 3 jenis wavelet yang mempunyai rasio kompresi tertinggi adalah Bior 3.1, Haar, kemudian Db 2 atau Symlet 2.

**Pengaruh Jenis Wavelet terhadap Bit per Piksel**

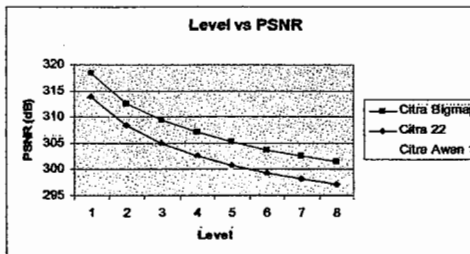
Parameter laju bit merupakan parameter matematis yang dapat mengkuantifikasi kinerja pemampatan. Lebih jelasnya laju bit adalah parameter yang digunakan untuk membandingkan elemen-elemen tak nol dari citra terkuantisasi dengan elemen-elemen tak nol pada citra asli. Semakin rendah laju bit maka semakin baik kemampuan gelombang-singkat sebagai pemampat citra. Sehingga parameter laju bit dapat digunakan untuk menguji kinerja pemampatan gelombang-singkat.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengaruh Jenis *Wavelet* terhadap bpp

Jenis Wavelet	(Bigmap)	(22)	(Awan 1)
Haar	0.41663	0.50214	0.40869
Db 2	0.43011	1.0635	0.4201
Db 3	0.42059	1.0247	0.40936
Db 4	0.42291	0.88788	0.40765
Db 5	0.42426	0.95813	0.41052
Coif 1	0.43463	0.91895	0.41589
Coif 2	0.42456	0.79193	0.40851
Coif 3	0.42761	0.85156	0.40802
Coif 4	0.42633	0.95789	0.40973
Coif 5	0.42749	0.8894	0.40741
Sym 2	0.43011	1.0635	0.4201
Sym 3	0.42059	1.0247	0.40936
Sym 4	0.42377	0.88477	0.40845
Sym 5	0.42712	0.80151	0.40765
Sym 6	0.42322	0.83386	0.41199
Sym 7	0.42584	0.91418	0.40729
Sym 8	0.42169	0.8186	0.4082
Bior 1.3	0.42865	1.0289	0.41364
Bior 1.5	0.43951	0.91296	0.41138
Bior 2.2	0.42267	0.92517	0.40723
Bior 2.4	0.42706	0.93103	0.40912
Bior 2.6	0.43646	0.80859	0.40973
Bior 2.8	0.43506	0.92175	0.41473
Bior 3.1	1.1335	1.8632	0.46539
Bior 3.3	0.50281	1.1797	0.4248
Bior 3.5	0.48169	1.1372	0.42065
Bior 3.7	0.46375	1.0728	0.4209
Bior 3.9	0.46912	1.0671	0.41693
Bior 4.4	0.42053	0.81927	0.40826
Bior 5.5	0.42511	0.85443	0.40924
Bior 6.8	0.42731	0.86218	0.40912



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Jenis Wavelet terhadap bit per piksel (bpp)



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Level Dekomposisi terhadap PSNR

Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa jenis wavelet yang mempunyai bpp terendah adalah Haar. Untuk citra Bigmap.bmp dan citra Awan 1 bpp nya cenderung sama kecuali untuk jenis wavelet Bior 3.1 ada perbedaannya yang signifikan. Sedangkan untuk citra 22.bmp bpp nya cenderung berubah-ubah, dan perubahan yang signifikan terjadi pada jenis wavelet Bior 3.1.

**Pengaruh Level Dekomposisi terhadap PSNR dan Rasio Kompresi**

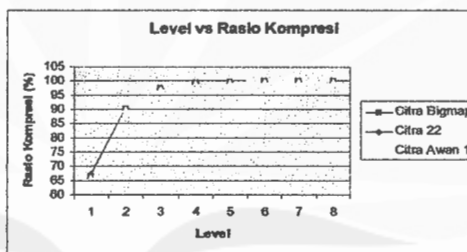
Level dekomposisi berpengaruh terhadap PSNR, dan rasio kompresi, dengan memperhatikan kedua aspek tersebut dapat ditentukan pada level berapa yang dipilih sebagai uji coba citra. Penentuan level dekomposisi sangat penting karena akan berpengaruh terhadap proses komputasinya, semakin besar levelnya semakin besar proses komputasinya. Namun perlu diperhatikan kedua parameter yaitu PSNR dan rasio kompresi sehingga dapat ditentukan level dekomposisi yang optimal. Pada paper ini digunakan level dekomposisi 4 yang optimal untuk citra satelit berwarna yang berukuran 512 x 512.

Tabel 4. Hasil Pengujian Level Dekomposisi terhadap PSNR

Level	Bigmap	22	Awan 1
1	318.3967	313.88	312.9367
2	312.6333	308.3833	307.5
3	309.45	305.0267	304.15
4	307.09	302.6167	301.8
5	305.2867	300.77	299.9067
6	303.74	299.31	298.3967
7	302.6233	298.2533	297.1433
8	301.4567	297.1567	296.0967

Tabel 5. Hasil Pengujian Level Dekomposisi terhadap Rasio Kompresi

Level	Bigmap	22	Awan 1
1	67.107	66.285	66.206
2	90.46	90.368	90.348
3	97.407	97.39	97.391
4	99.339	99.313	99.313
5	99.828	99.822	99.822
6	99.957	99.954	99.954
7	99.989	99.988	99.988
8	99.997	99.997	99.997



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Level Dekomposisi terhadap Rasio Kompresi

Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin besar level dekomposisinya maka semakin besar nilai rasio kompresinya.

**5. Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, wavelet Haar mempunyai keunggulan dalam hal:

- a. PSNR yang diperoleh relatif lebih tinggi dibandingkan dengan wavelet yang lain
- b. Rasio kompresi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis wavelet yang lain
- c. Bit per piksel yang relatif lebih baik dibandingkan dengan jenis wavelet yang lain

Berdasarkan pengujian pula diperoleh bahwa wavelet biorthogonal mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan wavelet Haar, yaitu



mempunyai PSNR yang baik, bpp yang baik, dan rasio kompresi yang lebih baik.

#### Daftar Pustaka

- Mubarak, Riyad, 2003, *Pemampatan Data Citra Dengan Menggunakan Transform Gelombang-Singkat*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Stollnitz, E.J, DeRose, T.D., dan Salesin, D.H., 1996, *Wavelets For Computer Graphics: Theory And Applications*, Morgan Kaufman Publisher, USA, San Fransisco.
- Mallat, S, 1999, *A Wavelet Tour Of Signal Processing*, Academic Press, USA
- Chakrabarti,K., Garofalakis, M., Rastogi, R., Shim, K., 2000, *Approximate Query Processing Using Wavelet*, Proceedings of the 26<sup>th</sup> VLDB Conference, Cairo, Egypt.
- Natsev, A., Rastogi, R., Shim, K., 1999, *Walrus: A Similarity Retrieval Algorithm For Image Databases*, Duke University and Bell Laboratories, USA

## **Satellite Image Compression Using Wavelet**

**Alb. Joko Santoso, F. Soesianto, B. Yudi Dwiandiyanto**  
**University of Atma Jaya Yogyakarta**  
**albjoko@mail.uajy.ac.id**

### **ABSTRACT**

Image data is a combination of information and redundancies, the information is part of the data be protected because it contains the meaning and designation data. Meanwhile, the redundancies are part of data that can be reduced, compressed, or eliminated. Problems that arise are related to the nature of image data that spends a lot of memory. In this paper will compare 31 wavelet function by looking at its impact on PSNR, compression ratio, and bits per pixel (bpp) and the influence of decomposition level of PSNR and compression ratio.

Based on testing performed, Haar wavelet has the advantage that is obtained PSNR is relatively higher compared with other wavelets. Compression ratio is relatively better than other types of wavelets. Bits per pixel is relatively better than other types of wavelet.

Keyword: Wavelet, Compression, Satellite Image

### **1. INTRODUCTION**

Image is data in picture forming that can represent those data. Image data is combination with information and redundancy, a part of information is a part of data that is existence because having meaning and aiming data. Otherwise a part of redundant is a part of data than can be reduction, compressed, and turned away.

Problems can be happened with image data characters that spend too much memory. Memories that can be spent by those pictures reduce capability saving of data image. In telecommunication image data transmission need transmission channel that have big bandwidth. In Computer and Internet world, Compressing file is used in all necessity, if we want to make data refill, It is not necessary to copy all original file but wit compressing that file so saving capacity will be smaller. If anytime the data will be needed, we must return to original file.

Specific aim this research is getting a wavelet function that appropriate to compress satellite image so this advantage is to save saving space, saving time of central processing unit and if we use the computer, data that have been compressed is not need long time so it can save delivery time.

### **2. DEFINITION OF WAVELET**

Wavelet is a mathematic function that divide data to be several component that have different frequency, It learn every component with appropriate resolution for every scale [1]. Wavelet is a wave forming that has limited duration with zero mean value. Successful application with wavelet is data image compressing, water making, edge detection, radar system, finger print code. There are 3 reasons for using wavelet transformation to refreshing image namely:

1. Wavelet transformations have unconditional basis character. It have meaning that coefficient transformation result will be reduced quickly from approach coefficient to detail coefficient or transformation result have small or zero value, So image character can be represented by a small part of coefficients transformation result or a sign can be represented effectively with using a small part of coefficients transformation result.
2. Wavelet transformation have sign location characteristic, so it can be separated irregulars sign component at specific space and frequency well
3. Wavelet transformations have quick transformation process, so it is caused computation time will be short and It is appropriate to apply in digital computer.

Wavelet transformation is explanation of a sign or image that use wavelet function with different location and size also it is counted with pyramid algorithm. In Image processing, digital Image are formed Discrete Wavelet Transform. Wavelet is a base, wavelet base is come from a scaling function. Scaling function has character namely it can be arranged from several copying than have been dilation, translated, scaled. This function is reduced from

dilatation equation, as basic from wavelet theory. From scaling function can be formed first wavelet equation (mother wavelet) namely:

$$\psi_{ab}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

From this mother wavelet can be formed the next wavelet ( $\psi^1$ ,  $\psi^2$ , etc) with dilating, moving mother wavelet. Based on scaling function, mother wavelet, has different name examples:

- Wavelet Haar has scaling function with coefficient  $c_0 = c_1 = 1$ .
- Wavelet daubechies with 4 coefficients (Db4) have scaling function with coefficient  $c_0 = (1+\sqrt{3})/4$ ,  $c_1 = (3+\sqrt{3})/4$ ,  $c_2 = (3-\sqrt{3})/4$ ,  $c_3 = (1-\sqrt{3})/4$
- Wavelet B-Spline cubic has scaling function with coefficient  $c_0 = 1/8$ ,  $c_1 = 4/8$ ,  $c_2 = 6/8$ ,  $c_3 = 4/8$ ,  $c_4 = 1/8$ .

### 3. DEFINITION OF COMPRESSION

The development of information technology that allows large amounts of data accumulated. For example, nationwide department store sales save each using a POS (Point of Sales). Database sales data can reach several GB per day for a supermarket network is. Therefore there is need for compression, which can reduce the storage space limitations can be speed up access times. The nature of the data compression there are two, that is, without a lossless, and lossy. Data compression without loss is used to reduce the size of the data by providing the exact appearance of the original. For compression without losing accuracy of the results of compression rate is 100% of the original data. Data compression is lost, there is a difference compression results with the original data but still within the specified tolerances. In this study, the nature of the data compression is used without a loss, because the compressed image database to produce 100% accuracy level.

### 4. IMAGE COMPRESSION USING WAVELET

Destination image compression is to reduce the storage capacity without losing image quality significantly. A characteristic of an image is a close correlation between a pixel with other pixels. Image data compression can be done with wavelets transform. Stollnitz [2] says that one of the characteristics of wavelet is the infrequency. In fact, many coefficients in the representation of wavelet whose value is zero or very small. This nature provides an opportunity to perform image data compression. The main properties of wavelet brief silence in image compression is the minimum distortion in the image of disappearances carried out reconstructs although the coefficients are near zero transform. Whereas wavelet transform the image will result in many subfields images that have very small magnitudes. Threshold determination of non-negative, subfields elements of the image is very small value can be zero which can lead to very rare matrix. The existence of the matrix is very rarely make it easier to be transmitted and stored, even a reconstructed image with threshold (quantization) can provide acceptable results in a visual eye. Currently wavelet applications are received much attention in the world of research, one of which is to analyze the image. Signal analysis techniques as discrete 2-dimensional, such as images, wavelet signals into signals decomposes average, details of vertical, horizontal and diagonal at some desired level. Or, the original signal wavelet becomes decomposes signals in some frequency bands (called multi-resolution analysis). Analysis can be done with the Discrete Wavelet Transform [3] or the standard decomposition techniques and non-standard with the Haar wavelet ([4], and [5]). Signature image generated by wavelet derived from the wavelet coefficients at a certain level (eg 3, 4 or 5) and can be sized much smaller than the original image.

### 5. SATELLITE IMAGE

Satellite imagery is the data that uses satellite imagery as property. The satellite uses sensors to record the condition or description of the earth's surface. Generally applied in activities related to monitoring of natural resources in the earth's surface (there are even a few satellites that can record up to below the earth's surface), the study of land and environmental changes, and other applications that involve human activities on the earth's surface. The advantages of the technology, especially in this decade are the ability to record a wide range of areas and levels of resolution in the recording a very high objects. The data generated from satellite imagery and then lowered to the thematic data and stored in a database for use in various applications.

## 6. RESEARCH METHODOLOGY

Proposed research is designed as a review of research literature and experiments. Literature research looking for some wavelet functions wavelets which already exist and image processing theory, and writing source code. While study conducted experiments to test the wavelet function is suitable or appropriate for the compression of satellite images and tests multiple satellite images.

### 6.1. Research processing

The processes of research are:

1. Literature research with wavelet, image database, image processing, compressing techniques.
2. Experiment of several wavelet function. It will be used in process of image satellite compressing.

Function wavelet will be used to experiment are:

- a. Haar
- b. Daubechies (db2, db3, db4, db5)
- c. Coiflets (coif1, coif2, coif3, coif4, coif5)
- d. Symlets (sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8)
- e. Biorthogonal (bior1.3, bior 1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8)

The result data are:

- a. Ratio compression
  - b. MSE
  - c. PNSR
  - d. Bit per pixel (Bpp)
3. Analyzing
    - a. wavelet type vs compression ratio
    - b. wavelet type vs PNSR
    - c. wavelet type vs bit per pixel (bpp)
  4. Conclusion of advantage and disadvantaged every wavelet function.

## 7. RESULT AND DISCUSSION

This study using satellite images of 24-bit color with 512x512 size obtained from satellite data. The image is tested in this study can be seen in Figure 2.

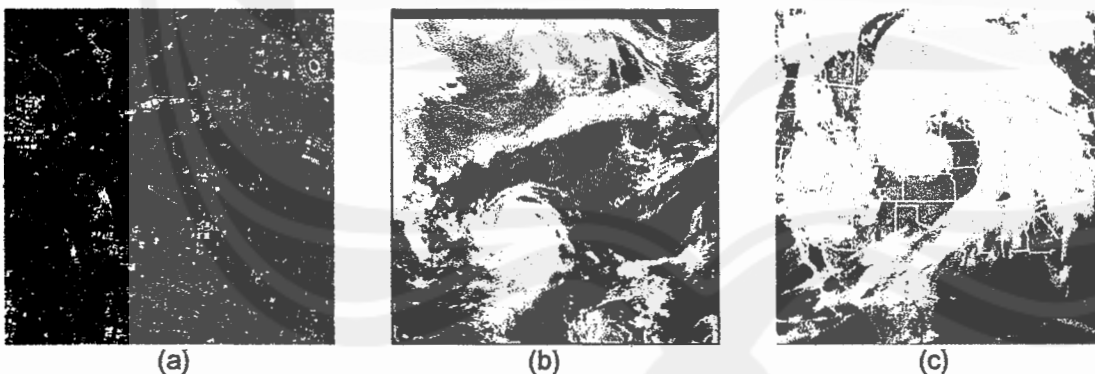


Figure 2. Satellite imagery is used for testing (a) bigmap.bmp, (b) 22.bmp, (c) awan1.bmp

It is used several wavelet function In this research namely wavelet Haar, db2, db3, db4, db5, coif1, coif2, coif3, coif4, coif5, sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8. This wavelet then tried to use to compress the test image. The results of compression of each wavelet are then compared by using several parameters, ie PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), MSE (Mean Square Error), bpp (bits per pixel), and the compression ratio.

In this paper will be presented some results of the prototype program developed using Matlab program assistance, including the following:

1. Compression and decompression functions
2. Function calculation PSNR, MSE, bpp, and the compression ratio

Also to be presented also the compression test results using several types of wavelets and its impact on parameter values PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), MSE (Mean Square Error), bpp (bits per pixel), and compression ratio. Here is the output of the program.

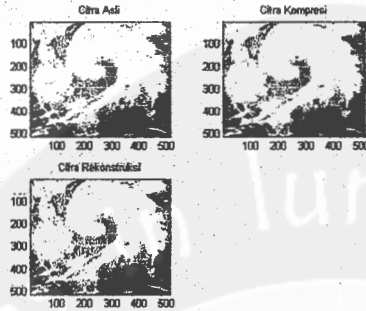


Figure 3. Image compression and Decompressing Awan 1

Figure 3 is an example of image compression and decompression tests. The image displayed on the image is compressed using wavelet biorthogonal 6.8, with the number of decomposition level 4. Based on statistical calculations, obtained MSE values are small enough to show that the image reconstruction results similar to the image that will be compressed

**7.1. The Influence of Wavelet Type of PSNR**

PSNR is one of parameter that can be used to make quantification image qualities. Parameter of PSNR is always used as resembling level between reconstruction image and original image. The Bigger PSNR will make better qualities image.

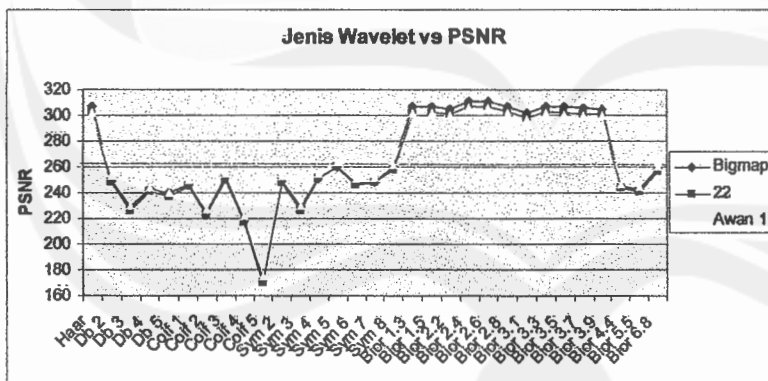


Figure 4. Graphic Relationship Between Wavelet type of PSNR

From the graphs can be seen that the sequence of the 3 types of wavelets have the highest PSNR is

a. For bigmap.bmp satellite imagery are Bior 2.4, Bior 2.6, and Haar.

b. For 22.bmp and awan1.bmp satellite images are Bior 2.6, Bior 2.4, and Haar.

Wavelet Biorthogonal 2.4 more suitable for color image which is almost similar, whereas bior 2.6 is more suitable for color image is more varied. While Haar wavelet is more adaptable to several types of test images.

7.2. The Influence of Wavelet Type of Compression Ratio

Compression ratio is used to measure the ability of data compression, namely by comparing the size of the original image with the size of the compressed image. The greater the compression ratio means the better the wavelet function.

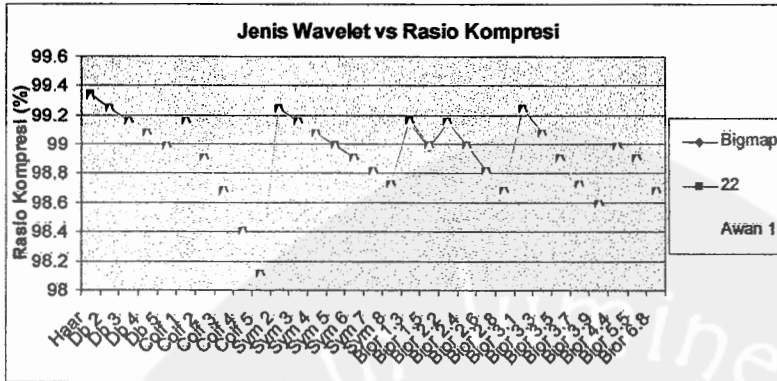


Figure 5. Relationship Between Graph Types of Wavelet Compression Ratio

From the graph can be seen that the sequence of 3 types of wavelet have the highest compression ratio are Haar, Bior 3.1, then Symlet 2 or Db 2.

7.3. The Influence of Wavelet Type of The Bit Rate or Bit per Pixel (bpp)

Parameter bit rate is a mathematical parameter which can quantify the performance of compression. More specifically the bit rate is a parameter used to compare elements of nonzero quantized image with elements not zero in the original image. The lower the bit rate the better is the ability of wavelet as image compressor. Parameters so that the bit rate can be used to test the performance of wavelet compression.

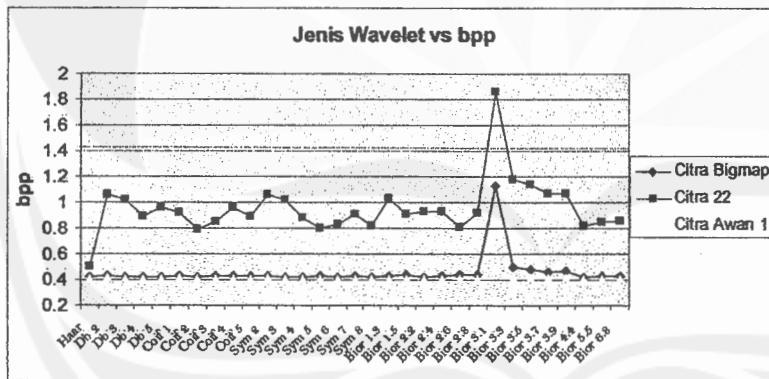


Figure 6. Graphic Relationship Between Wavelet type of bits per pixel

From the graphs can be seen that the type of wavelet which has the lowest bpp is Haar. To image Bigmap.bmp and awan1.bmp bit per pixel (bpp) images tended to same except for the type of wavelet Bior 3.1 there is a significant difference. As for his image 22.bmp tends bit per pixel (bpp) fickle, and significant changes occurred in the types of wavelet Bior 3.1.

7.4. Influence Decomposition Level

Affect the decomposition level PSNR and compression ratio, taking into account both aspects can be determined at what level is chosen as the test image. Determining the level of decomposition is very important because it will affect the computing process, the greater the level the greater the computing process. But keep in mind these two parameters are PSNR and compression ratio can be determined so that the optimal level of

decomposition. In this paper the decomposition level is used 4 the optimal for color satellite image measuring 512 x 512.

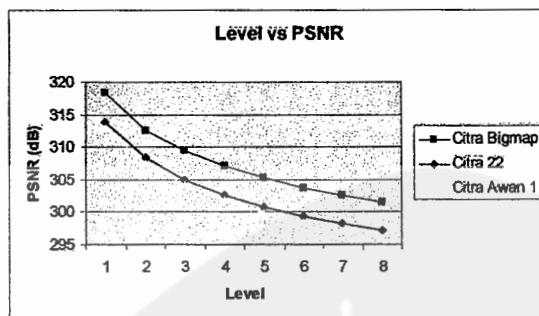


Figure 7. Graphic Relationship Between Decomposition Level of PSNR

From the graphs can be seen that the greater the level of decomposition the smaller PSNR value, this means that the value of error between the original image and the image reconstruction greater.

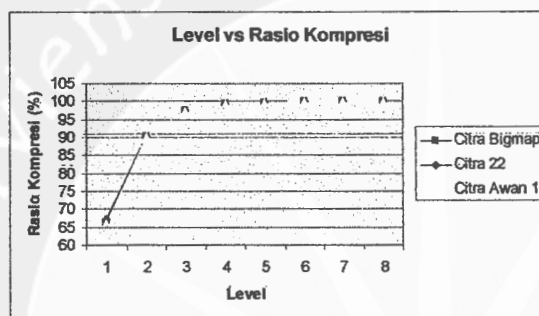


Figure 8. Graphic Relationship Between Decomposition Level of Compression Ratio

From the graphs can be seen that the greater the level of decomposition, the greater the value of the compression ratio.

## 8. CONCLUSION

Based on testing performed, Haar wavelet has the advantages in terms of:

- PSNR obtained relatively higher compared with other wavelet
- Compression ratio is relatively better compared with other types of wavelet
- Bits per pixel (bpp) is relatively better compared with other types of wavelet

Based on the testing also found that biorthogonal wavelets have similar characteristics with the Haar wavelet, which has a better PSNR, bpp is good, and the compression ratio is better.

## REFERENCE

- [1] Mubarak, Riyad, 2003, PEMAMPATAN DATA CITRA DENGAN MENGGUNAKAN TRANSFORM GELOMBANG-SINGKAT, UGM, Yogyakarta.
- [2] Stollnitz, E.J, DeRose, T.D., dan Salesin, D.H., 1996, WAVELETS FOR COMPUTER GRAPHICS: THEORY AND APPLICATIONS, Morgan Kaufman Publisher, USA, San Fransisco.
- [3] Mallat, S, 1999, A WAVELET TOUR OF SIGNAL PROCESSING, Academic Press, USA
- [4] Chakrabarti, K., Garofalakis, M., Rastogi, R., Shim, K., 2000, APPROXIMATE QUERY PROCESSING USING WAVELET, Proceedings of the 26<sup>th</sup> VLDB Conference, Cairo, Egypt.
- [5] Natsev, A., Rastogi, R., Shim, K., 1999, WALRUS: A SIMILARITY RETRIEVAL ALGORITHM FOR IMAGE DATABASES, Duke University and Bell Laboratories, USA

## PENGENALAN POLA CITRA SATELIT MENGUNAKAN GELOMBANG-SINGKAT DAN LVQ

Albertus Joko Santoso<sup>1)</sup>, F. Soesianto<sup>2)</sup>, B. Yudi Dwiandiyanto<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

<sup>1,2,3</sup>Jalan Babarsari 43, Yogyakarta, 55281

Telp : (0274) 487711, Fax : (0274)

E-mail : [albjoko@mail.uajy.ac.id](mailto:albjoko@mail.uajy.ac.id)<sup>1)</sup>, [fhsoes@mail.uajy.ac.id](mailto:fhsoes@mail.uajy.ac.id)<sup>2)</sup>, [yudi-dwi@mail.uajy.ac.id](mailto:yudi-dwi@mail.uajy.ac.id)<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

*Wilayah Indonesia secara geografis maupun geologis berpotensi besar mengalami bencana alam. Berbagai usaha untuk deteksi dini terus dikaji dengan berbagai penelitian agar dapat dihasilkan suatu prediksi yang tepat dan cepat. Keadaan lingkungan pada umumnya tidak dapat disimak dalam bentuk fakta-fakta yang terpisah. Perlu adanya penggambaran keadaan dalam bentuk pola-pola fakta yang saling terkait. Pola keterkaitan itu menjadi bermakna oleh hubungan eksplisit antar berbagai ciri pola. Pengenalan pola sangat diperlukan untuk otomatisasi pengenalan bencana yang akhirnya dapat meminimalisasi resiko bencana.*

*Pada penelitian ini akan digunakan metode Learning Vector Quantization sebagai pengenalan pola. Untuk pemrosesan awal akan digunakan transformasi wavelet dengan jenis wavelet hasil penelitian tahun pertama. Transformasi gelombang-singkat sebagai pemrosesan awal diperlukan untuk mentransformasikan citra asli dengan ukuran besar menjadi ukuran kecil, sehingga proses komputasinya menggunakan ukuran yang lebih kecil. Pada umumnya gejala bencana alam dapat dideteksi beberapa waktu sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan digunakan runtun citra berwarna.*

*Gelombang-singkat yang menghasilkan pengenalan 100 % adalah Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,67 % untuk semua noise dan parameter uji,*

**Kata kunci:** pengenalan pola, citra satelit, gelombang-singkat, Jaringan Saraf Tiruan (JST), Learning Vector Quantization (LVQ)

### 1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia secara geografis maupun geologis berpotensi besar mengalami bencana alam. Oleh karena itu berbagai usaha untuk mencegah atau deteksi dini terus dikaji dengan berbagai penelitian agar dapat dihasilkan suatu prediksi yang tepat dan cepat. Salah satu usaha yang sudah dilakukan adalah memasang sensor adanya perubahan gelombang laut yang diletakkan di tengah laut. Namun sensor tersebut tentunya ada kekurangan, antara lain waktu antara informasi yang diperoleh dengan kejadian bencana alam sangat singkat, mungkin kurang dari 30 menit. Oleh karena itu perlu adanya cara untuk deteksi dini yang dapat memberikan informasi paling tidak 24 jam sebelumnya, sehingga dapat dilakukan perintah untuk segera mengungsi jauh sebelum terjadi bencana alam.

Keadaan lingkungan pada umumnya tidak dapat disimak dalam bentuk fakta-fakta yang terpisah. Perlu adanya penggambaran keadaan dalam bentuk pola-pola (*patterns*) fakta yang saling terkait. Kadang keterkaitan itu bersifat tersamar.

Dalam hal ini, pola keterkaitan itu menjadi bermakna oleh hubungan eksplisit antar berbagai ciri pola. Kemampuan penginderaan manusia tampaknya mampu mengadaptasi pemrosesan pola dengan baik. Manusia mampu mengingat suatu informasi pola secara menyeluruh hanya berdasarkan pada informasi pola yang tidak lengkap. Karena adanya fenomena ini maka dipandang perlu untuk mengembangkan suatu sistem pengenalan pola yang mendasar pada cara kerja otak manusia dengan menggunakan jaringan saraf tiruan.

Ada banyak metode atau algoritma yang dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit. Metode tersebut antara lain menggunakan metode *backpropagation*, kohonen, *hopfield*, dan lain-lain. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Sedangkan untuk pemrosesan awal akan digunakan beberapa gelombang-singkat, yaitu Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Transformasi gelombang-singkat sebagai pemrosesan awal diperlukan untuk mentransformasikan citra asli



dengan ukuran yang besar menjadi ukuran yang kecil, sehingga proses komputasi selanjutnya menggunakan ukuran yang lebih kecil.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1. Gelombang-singkat

Gelombang-singkat adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen yang frekuensinya berbeda, kemudian mempelajari setiap komponen dengan resolusi yang cocok untuk setiap ukuran (*scale*) (Mubarak,2003). Gelombang-singkat merupakan suatu bentuk gelombang yang secara efektif memiliki batas durasi nilai rerata nol. Aplikasi yang telah berhasil diwujudkan dengan memanfaatkan gelombang-singkat diantaranya kompresi data citra, *watermarking*, deteksi tepi, sistem radar, dan penyandian sidik jari. Salah satu alasan mengapa alihragam gelombang-singkat menjadi begitu penting dalam berbagai bidang adalah karena sifat-sifat berikut:

- Waktu kompleksitasnya bersifat linear. Alihragam gelombang-singkat dapat dilakukan dengan sempurna dengan waktu yang bersifat linear.
- Koefisien-koefisien gelombang-singkat bersifat jarang. Secara praktis, koefisien-koefisien gelombang-singkat kebanyakan bernilai kecil. Kondisi ini sangat memberikan keuntungan terutama dalam bidang kompresi data.
- Gelombang-singkat dapat beradaptasi pada berbagai jenis fungsi, seperti fungsi tidak kontinu, dan fungsi yang didefinisikan pada domain yang dibatasi.

Transformasi gelombang-singkat merupakan uraian dari suatu sinyal atau citra menggunakan fungsi gelombang-singkat dengan lokasi dan ukuran yang berbeda serta dihitung dengan menggunakan algoritma piramid. Dalam pengolahan citra, citra digital dinyatakan dalam bentuk diskret. Untuk menerapkan alihragam gelombang-singkat dalam pengolahan citra digital digunakan *Discrete Wavelet Transform* atau *DWT*. Proses dari transformasi gelombang-singkat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Transformasi gelombang-singkat

Gelombang-singkat merupakan sebuah basis, basis gelombang-singkat berasal dari sebuah fungsi penskalaan atau disebut juga *scaling function*. *Scaling function* memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejumlah salinan dirinya yang telah

didilasikan, ditranslasikan dan diskalakan. Fungsi ini diturunkan dari persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari teori gelombang-singkat. Dari persamaan *scaling function* ini dapat dibentuk persamaan gelombang-singkat yang pertama (atau disebut juga *mother wavelet*), dengan bentuk sebagai berikut:

$$\psi_{ab}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right)$$

Dari *mother wavelet* ini kemudian dapat dibentuk gelombang-singkat berikutnya ( $\psi^1, \psi^2$ , dan seterusnya) dengan cara mendilasikan (memampatkan atau merenggangkan) dan menggeser *mother wavelet*. Berdasarkan *scaling function* inilah basis gelombang-singkat memiliki nama yang berbeda-beda, misalnya:

- Gelombang-singkat Haar memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = c_1 = 1$ .
- Gelombang-singkat Daubechies dengan 4 koefisien (Db 4) memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = (1+\sqrt{3})/4$ ,  $c_1 = (3+\sqrt{3})/4$ ,  $c_2 = (3-\sqrt{3})/4$ ,  $c_3 = (1-\sqrt{3})/4$

Gelombang-singkat B-Spline kubik memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = 1/8$ ,  $c_1 = 4/8$ ,  $c_2 = 6/8$ ,  $c_3 = 4/8$ ,  $c_4 = 1/8$ .

### 2.2. Pengenalan Pola

Pengenalan pola citra dapat dikategorikan dalam bidang analisis citra. Analisis citra merupakan salah satu bagian dari pengolahan citra yang berusaha untuk mengekstraksi ciri-ciri penting dari suatu data citra. Interpretasi atau pemahaman dari citra dapat secara otomatis dibangkitkan oleh mesin, dalam hal ini digunakan komputer. Analisis citra telah dikembangkan dalam berbagai bidang ilmu. Dalam bidang pengenalan karakter, analisis citra dapat digunakan sebagai *sorting surat*, *optical character recognition* (pengubahan citra ke dokumen teks), dan pengolahan cek bank. Dalam bidang medis, analisis citra diterapkan dalam proses deteksi tumor, pengukuran ukuran dan bentuk organ-organ dalam, analisis kromosom, dan perhitungan sel-sel darah merah. Dalam industri otomotif, analisis citra digunakan dalam identifikasi *parts*. Dalam bidang robotika, analisis citra digunakan dalam proses pengenalan dan interpretasi obyek, serta pengendalian pergerakan robot. Dalam bidang kartografi, analisis citra digunakan untuk mensintesis peta cuaca. Dalam bidang forensik, analisis citra dapat digunakan untuk mencocokkan sidik jari dan menganalisis sistem sekuritas otomatis. Dalam bidang radar, analisis citra digunakan untuk identifikasi dan deteksi target, membantu proses pendaratan helikopter ataupun pesawat terbang. Dalam bidang penginderaan jarak jauh, analisis citra banyak digunakan untuk analisis citra multispektral, prakiraan cuaca, agroindustri dari citra satelit.

Pengenalan pola saat ini sudah banyak dilakukan untuk pengenalan pola tulisan Arab (Mansour, 2005; Burrow, 2004; Dreuw, 2008; Hasan, 2005; Liana, 2004). Pengenalan pola yang dilakukan menggunakan jaringan saraf tiruan (JST).

Pencarian citra banyak dibutuhkan oleh praktisi di bidang kedokteran, design grafis, kriminologi, dll. Banyak pendekatan yang dapat dilakukan untuk melakukan pencarian citra dan pengenalan pola, misalnya *query* berdasarkan isi (Barber, 1993; Faloutsos et al., 1994; Niblack, 1993), *query* berdasarkan contoh (Hirata et al., 1992; Kato et al., 1992), pencarian similaritas (Gevers et al., 1993; Kitamoto et al., 1993; Liang et al., 1993; Petraglia et al., 1993; Tzong et al., 1994), dan pencarian dengan menggunakan citra hasil sketsa (Kato et al., 1992).

Pencarian citra sebelumnya telah diaplikasikan pada histogram warna (Swain, 1993), analisis tekstur (Kankanhalli et al., 1994), dan ciri-ciri bentuk seperti lingkaran dan orientasi daerah pada citra (Gong et al., 1994) ataupun gabungan dari berbagai macam aplikasi. Salah satu sistem yang telah diterapkan adalah "QBIC" yang telah dikembangkan oleh IBM (Niblack et al., 1993) dan sekarang sudah dipasarkan secara komersial. Hirata dan Kato (1992) membuat suatu sistem pencarian citra dengan cara *query* berdasarkan contoh (Query By Visual Example / QVE).

*Query* berdasarkan isi banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, misalnya desain grafis, arsitektur (Stanchev et al., 1992), produksi TV (Shibata et al., 1990), multimedia (Smoliar et al., 1994), komputasi (Weiser, 1993), sejarah seni (Kato, 1992), geologi (Shann et al., 1993), basis data citra satelit (Kitamoto et al., 1993) dan citra medis (Kelly et al., 1994).

Pengolahan citra warna dapat dilakukan dalam beberapa jenis koordinat warna. Beberapa jenis koordinat warna yang dapat digunakan antara lain koordinat RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*), YUV (luminans dan krominans), koordinat warna NTSC, dan koordinat warna CMYK. Dalam aplikasi kompresi data citra, kompresi secara umum lebih optimal dilakukan dalam koordinat warna YUV (Suksmadana, 2001). Dalam bidang keamanan data, seperti steganografi, pengolahan citra akan lebih efektif jika dilakukan dalam koordinat warna RGB, terutama jika dilakukan pada kanal warna biru (Kutter, 1997; Chu, 1999 dan Dwiandiyanta, 2005).

### 2.3. Jaringan Saraf Tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Jaringan Saraf Tiruan yang selanjutnya akan disingkat dengan JST adalah sebuah sistem pengolahan informasi yang karakteristik kinerjanya menyerupai jaringan saraf biologis. Sifat karakteristik ini meliputi pola koneksi antarneuron, metode untuk menentukan bobot pada koneksi pada neuron dan fungsi aktivasi pada neuron.

JST menyediakan sebuah pendekatan yang efektif untuk jangkauan yang luas dalam aplikasinya. JST dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah yang menyangkut pola-pola. Sebagai contoh JST dapat digunakan untuk identifikasi pola angka, yaitu dengan cara melatih atau mengajarkan sehimpunan angka pada jaringan. JST dilatih dengan himpunan yang berisi angka sebagai masukan bersama dan dengan identifikasi yang benar untuk masing-masing angka. Setelah pelatihan selesai, JST ini dapat mengidentifikasi angka yang telah dipelajari.

Masukan pada JST ini dapat berupa citra, simbol, atau bilangan, tetapi untuk pengolahannya selalu diubah menjadi sekumpulan bilangan yang disebut vektor masukan. Keluaran JST adalah vektor yang dapat dikembalikan lagi menjadi citra, simbol, atau bilangan. Jadi saraf (*neuron*) bekerja dengan masukan dan keluaran numeris.

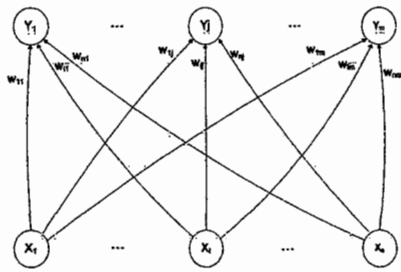
LVQ merupakan suatu metode untuk melakukan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terbimbing. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan klasifikasi terhadap vektor input yang diberikan. Apabila beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama.

Vektor bobot untuk suatu unit keluaran sering dinyatakan sebagai sebuah vektor referensi. Diasumsikan bahwa serangkaian pola pelatihan dengan klasifikasi yang tersedia bersama dengan distribusi awal vektor referensi.

Setelah pelatihan, jaringan LVQ mengklasifikasi vektor masukan dengan menugaskan ke kelas yang sama sebagai unit keluaran, sedangkan yang mempunyai vektor referensi diklasifikasikan sebagai vektor masukan.

#### Arsitektur Jaringan

Arsitektur dari sebuah jaringan LVQ dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut, diperlihatkan unit masukan ( $X_n$ ) dan unit keluaran ( $Y_m$ ). LVQ merupakan jaringan saraf dengan tipe arsitektur jaringan lapis-tunggal umpan-maju (*Single Layer Feedforward*). Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak antara suatu vektor masukan ke bobot yang bersangkutan ( $w_j$ ). Jika dua vektor masukan mendekati jarak yang sama maka kedua vektor tersebut diletakkan pada kelas yang sama.



Gambar 2. Jaringan Saraf Learning Vector Quantization (LVQ) (Fausett, 1994)

### Algoritma pelatihan (Fausett, 1994)

Langkah-langkah pelatihan jaringan LVQ adalah sebagai berikut:

L 0.a. Inisialisasi vektor bobot awal dengan vektor pola pembelajaran pertama dari tiap kelas.

$$W_1^k = X_1^k \quad \text{untuk } k=1,2,\dots,M$$

dengan

$X_1^k$  = vektor pola pembelajaran pertama dari kelas ke-k

$W_1^k$  = vektor bobot pertama kelas ke-k

M = Jumlah kelas

b. Inisialisasi laju pelatihan (*learning rate*,  $\alpha(0)$ ), maksimum iterasi (*epoch*), minimum *learning rate* yang diharapkan

L 1. Jika kondisi berhenti salah, kerjakan 2-6.

L 2. Untuk tiap vektor input pelatihan  $x$ , kerjakan L.3-4.

L.3. Tentukan  $J$  sedemikian hingga  $\|x - w_j\|$  minimum (sebut sebagai  $C_j$ ).

$C_j$  adalah jarak antara pola pembelajaran dan vektor bobot yang diperoleh dengan persamaan berikut :

$$C_j = \left( \sum_{i=0}^{N-1} (X_{ip}^k - W_{ij}^k)^2 \right)^{1/2}$$

dengan:

$X_{ip}^k$  = komponen ke- $i$  pada pola pembelajaran ke- $p$  pada kelas ke- $k$

$W_{ij}^k$  = komponen ke- $i$  vektor bobot ke- $j$  tiap kelas ke- $k$

$N$  = dimensi pola pembelajaran

L 4. Tentukan apakah kelas dari vektor bobot dengan jarak minimum di antara semua  $C_j$  sama dengan kelas pola pembelajaran.

Perbaiki  $W_j$  dengan ketentuan:

Jika  $T = C_j$ , maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha [X - W_j(\text{lama})]$$

Jika  $T \neq C_j$ , maka

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) - \alpha [X - W_j(\text{lama})]$$

dengan:

$T$  = kategori atau kelas yang benar untuk vektor pelatihan (kelas target)

L 5. Kurangi laju pelatihan ( $\alpha$ )

Dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \alpha - \alpha(\text{dec } \alpha)$$

L 6. Test kondisi berhenti:

Kondisi telah mencapai maksimum iterasi (*epoch*) atau pesat pembelajaran  $m(\alpha)$  mencapai nilai yang cukup kecil.

Setelah dilakukan pelatihan, akan diperoleh bobot-bobot akhir ( $W$ ). Bobot-bobot ini nantinya akan digunakan untuk melakukan simulasi atau pengujian.

### Prosedur Aplikasi (Algoritma pengujian)

Prosedur aplikasi pada jaringan *Learning Vector Quantization*:

L 1. Masukkan data yang akan diuji, misal:  $X_{ij}$ ;

dengan  $i = 1, 2, \dots, n$ ; dan  $j = 1, 2, \dots, m$ .

L 2. Kerjakan untuk  $i=1$  sampai  $n$

a. Tentukan  $j$  sedemikian hingga

$$\|x - w_j\| \text{ minimum; dengan } j=1,2,\dots,m$$

b.  $J$  adalah kelas untuk  $X_i$ .

### 3. JALANNYA PENELITIAN

Penelitian ini dikerjakan dengan melakukan tahapan sebagai berikut:

- Memilih gelombang-singkat yang digunakan untuk pengenalan pola citra satelit. Gelombang-singkat yang digunakan adalah Haar, Coiflet 3, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. Pemilihan gelombang-singkat ini berdasarkan pada PSNR yang dihasilkan tinggi.
- Memilih algoritma pengenalan pola, dan jaringan saraf tiruan. Algoritma pelatihan yang digunakan adalah Learning Vector Quantization (LVQ). LVQ merupakan suatu metode klasifikasi pola yang masing-masing unit keluaran mewakili kategori atau kelas tertentu. Adapun arsitektur jaringan, algoritma pelatihan, dan algoritma aplikasinya dapat dilihat pada sub 2.3.
- Perancangan dan pembuatan program aplikasi pengenalan pola citra satelit. Program dibuat dengan MATLAB 6.5
- Pengujian beberapa citra satelit yang ada. Program pengujian juga dibuat dengan MATLAB 6.5
- Dari hasil pengamatan kemudian ditarik kesimpulan.

### 4. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan input berupa citra satelit warna 24 bit dengan ukuran 256 x 256 yang diperoleh dari data satelit. Citra satelit yang diuji dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan gambar 14.

yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,67 % untuk semua noise dan parameter uji,

Tabel 2. Prosentase Proses Pengujian Citra Uji Yang Diberi Noise Pada Beberapa Fungsi Gelombang-singkat

Noise	Parameter	Haar	Coif 3	Sym 5	Bior2.4
Gaussian	0,1	100%	91,67 %	100 %	100 %
Gaussian	0,01	100 %	91,67 %	100 %	100 %
Salt & Pepper	0,05	100 %	91,67 %	100 %	100 %
Salt & Pepper	0,02	100 %	91,67 %	100 %	100 %

## 5. KESIMPULAN

1. Jaringan saraf LVQ dapat digunakan untuk pengenalan pola citra satelit.
2. Gelombang-singkat yang menghasilkan pengenalan 100 % adalah Haar, Symlet 5, dan Biorthogonal 2.4. untuk semua noise dan parameter yang diuji. Sedangkan pada gelombang-singkat Coiflet 3 menghasilkan prosentase sebesar 91,67 % untuk semua noise dan parameter uji,

## 6. PUSTAKA

Arymurthy, Murni A., dan Setiawan S., 1992, *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Barber R., Equitz W., Niblack W., Petkovic D., Yanker P., 1993, *Efficient Query by Image Content for Very Large Image Databases*, In Digest of papers, COMPCON Spring 1993, pp. 17 – 19, San Fransisco, CA, USA.

Benediktson, J.A., Swain, P.H., 1990, *Neural Network Approaches Versus Statistical In Classification Of Multisource Remote Sensing Data*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing vol 28, no 4.

Burrow, Peter, 2004, *Arabic Handwriting Recognition*, School of Informatics University of Edinburgh

Chu, Chee-Jung and A.W. Wiltz, 1999, *Luminance Channel Modulated Watermarking of Digital Images*, In Proceedings of the SPIE Wavelet Applications Conference, pp. 437-445.

Dreuw Philippe, Stephan Jonas, and Hermann Ney, 2008, *White-Space Models for Offline Arabic Handwriting Recognition*, Human Language Technology and Pattern Recognition, RWTH Aachen University

Dwiandiyanta, B. Yudi, 2005, *Watermarking Citra Warna Digital Menggunakan Alihragam Wavelet*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Fausett, Laurence V, 1994, *Fundamentals Of Neural Network: Architecture, Algorithms And Applications*, Prentice-Hall, New Jersey

Fjortoft, R., Delignon, Y., Pieczynski, W., Tupin, F., 2003, *Unsupervised Classification Of Radar Images Using Hidden Markov Chain And Hidden Markov Random Fields*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing vol 41, no 3, March 2003.

Gong, Y. Zhang H., Chuan HC., Sakauchi M., 1994, *An Image Database System with Content Capturing and Fast Image Indexing Abilities*, In Proceeding of the international Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 121 – 130.

Hasan M Shalaby, Mowafak F Hasan, Abbas M Ali, 2005, *A New Database Scheme Arabic Handwriting Recognition by Hopfield Neural Network Algorithm*, Journal of Computer Science

Hirata K., Kato T., 1992, *Query By Visual Example – Content Based Image Retrieval*, Advances in Database Technology, pp. 56 – 71, Vienna Austria.

Kankanhalli, A., Zhang H.J., Low, C.Y., 1994, *Using Texture for Image Retrieval*, In International Conference on Automation, Robotics, and Computer Vision.

Kato, T., 1992, *Database Architecture for Content-Based Image Retrieval*, In Proceedings of the SPIE – The International Society for Optical Engineering, Vol 1662, pp. 112 – 123, San Jose, CA, USA.

Kelly P.M., Cannon T.M., 1994, *Comparison Algorithm for Navigating Digital Image Databases*, In Proceedings of The Seventh International Working Conference on Scientific and Statistical Database Management Storage and Retrieval for Image and Video Databases.

Kitamoto A., Zhou C., Takagi M., 1993, *Similarity Retrieval of NOAA Satellite Imagery by Graph Matching*, In Storage and Retrieval for Image and Video Databases, pp 60 – 73.

Kutter, M., F. Jordan, and F. Bossen, 1997, *Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation*, Proceedings of the

6<sup>th</sup> SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Vol. 2952, pp. 518-526.

- Mansour, M., M. Benkhadda & A. Benyettou, 2005, *Optimized Segmentation Techniques for Handwritten Arabic Word and Numbers Character Recognition*, IEEE SITIS
- Mubarak, Riyad, 2003, *Pemampatan Data Citra Dengan Menggunakan Transform Gelombang-Singkat*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Niblack, W., Barber R., Equitz W., Flickner M., Glasman E., Petkovic D., Yanker P., Faloutsos C, Taubin G., 1993, *The QBIC Project: Query Images by Content Using Color, Texture and Shape*, In Storage and Retrieval for Image and Video Databases, pp. 173 – 187.
- Schalkoff, R. J., 1992, *Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches*. Wiley, New York, NY.
- Sebayang, Mardani, 2002, *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Landsat Thematic Mapper (Studi Kasus Di Kotamadya Surabaya)*, Jurnal Natur Indonesia 5(1).
- Shann R., Davis D., Oaklay J., White F., 1993, *Detections and Characterisation of Carboniferous Foraminifera for Content-based Retrieval from an Image Database*, In Storage and Retrieval for Image and Video Databases, volume 1908, pp. 188 – 197, SPIE.
- Shibata, M., Inoue S., 1990, *Assosiative Retrieval Method for Image Database*, Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, pp. 26 – 34.
- Smoliar A.W., Zhang H.J., 1994, *Content-based Video Indexing and Retrieval*, IEEE Multimedia, pp. 62 – 72.
- Stanchev P.L., Smeulders A.W.M., Groen F.C.A., 1992, *An Approach to Image Indexing of Documents*, IFIP Transactions A Computer Science and Technology, pp. 63 – 77.
- Suksmadana, Made Budi, 2001, *Pemampatan Data Citra Berwarna menggunakan Alihragam Gelombang-Singkat*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Swain, M.J., 1993, *Interactive Indexing into Image Database*, In Storage and retrieval for Image and Video Databases, volume 1908, pp. 95 – 103.
- Weiser, M., 1993, *Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing*, Communications of the ACM, 36(7), pp. 74 – 84.