



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KOMPARASI TEKNIK KOMPRESI CITRA
MODIS MENGGUNAKAN *INTERBAND PREDICTION*,
WAVELET TRANSFORM, DAN *DISCRETE COSINE
TRANSFORM (DCT)***

SKRIPSI

**RR. ADHITYA WIDYANINGRUM
040503068Y**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KOMPARASI TEKNIK KOMPRESI CITRA
MODIS MENGGUNAKAN *INTERBAND PREDICTION*,
WAVELET TRANSFORM, DAN *DISCRETE COSINE
TRANSFORM (DCT)***

SKRIPSI

RR. ADHITYA WIDYANINGRUM
040503068Y

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya penulis sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah penulis nyatakan dengan benar.**

Nama : Rr. Adhitya Widyaningrum

NPM : 040503068Y

Tanda Tangan :

Tanggal : 31 Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rr. Adhitya Widyaningrum
NPM : 040503068Y
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Komparasi Teknik Kompresi Data Citra
MODIS Menggunakan *Interband Prediction*,
Wavelet Transform, dan *Discrete Cosine*
Transform (DCT)

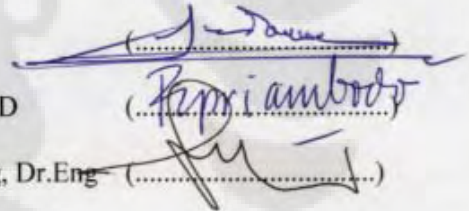
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

Penguji 1 : Dr. Ir. Purnomo Sidhi Priambodo, Ph.D

Penguji 2 : Prof. Benyamin Kusumoputro, M.Eng, Dr.Eng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kepercayaan Bapak kepada saya bahwa saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
2. Pahlawan superku, Nina Anira Saragi. The best and toughest mother i have ever met. Terima kasih atas semua cinta, doa, dan dukungan tulus yang senantiasa Mama berikan. I Love You, Mom.. :)
3. Bapakku, Yudi Wahyu Utomo. Terima kasih atas pelajaran hidup yang telah Bapak ajarkan ke anak-anak Bapak.. Kurcaci-kurcaci penghuni rumah.. Reza, Ivie, Imel, Wawa, Mimma.. Maaf yah klo aku sering marah-marah.. Hehee.. :P
4. M. Rizky Hartaman.. Thank you sooooo much for all the love, help and support u've showered me.. Glad to know that you're always there for me.. Saranghaeyo! ^_^
5. Malaikat-malaikat penjagaku.. Khotimah Khomsianti, Citra Purdiaswari, Astatine Sunardi, Mayang Dewi Kurniawan, Rinda Airin, Dewi Asri Tiara, Nia Marlyana P, Fetty Amelia.. How could I made through these long and winding 4 years without you girls.. I'm gonna miss our time sooooo much!
6. Teman-teman Elektro UI 2005 terutama "angkatan '45".. Ryan, Heri, Ayok, Okki, Datong, Indro, Agus, Ozenk, Iyex, Seno, Dandy, Abe, Catur, Dayat, terima kasih atas pencerahannya di saat-saat terakhir. Terima kasih atas waktu

dan kenangan terindah selama 4,5 tahun ini. And thanx for making this happened.. Go Balairung! :)

7. Teman-teman pengajar BTA Group.. Mba Dini, Ka Vika, Mas Ferry, Mba Widya, Ka Basith,.. Mba Tari, Terima kasih banyak atas pengertiannya.. I'm very proud to be a part of you!
8. Teman-teman Plurk tercinta.. Hahahaa.. Diego, Arif, Fauzi, Vela, Boma, Dandy, April, Aii, Dyani, semuanya.. Makasih yaa semangatnyaaa.. (rock)
9. Seluruh keluarga besar Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan selanjutnya.

Depok, 31 Desember 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, penulis yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rr. Adhitya Widyaningrum
NPM : 040503068Y
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah penulis yang berjudul :

**Analisis Komparasi Teknik Kompresi Citra MODIS Menggunakan
Interband Prediction, Wavelet Transform, dan Discrete Cosine Transform
(DCT)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir penulis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 31 Desember 2009
Yang menyatakan

(Rr. Adhitya Widyaningrum)

ABSTRAK

Nama : Rr. Adhitya Widyaningrum
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Komparasi Teknik Kompresi Data Citra MODIS
Menggunakan *Interband Prediction*, *Wavelet Transform*,
dan *Discrete Cosine Transform (DCT)*

Salah satu teknologi yang banyak diaplikasikan untuk mengolah data citra sebagai sumber informasi utama adalah teknologi penginderaan jauh atau *remote sensing*. Beberapa aplikasi *remote sensing* menuntut citra yang berkualitas baik, namun dalam ukuran yang lebih kecil mengingat ukurannya yang sangat besar. Kebutuhan inilah yang mendorong berkembangnya teknologi pemampatan citra atau *image compression*. Skripsi ini membahas tentang teknik kompresi citra gabungan antara prediksi linier antarband (kompresi spektral) dengan transformasi wavelet dan Discrete Cosine Transform (DCT) sebagai kompresi spasial. Jenis transformasi wavelet yang digunakan adalah LS 9/7, CDF 9/7, dan multiwavelet Daubechies 10 (Db10) + LS 9/7. Dari hasil eksperimen data MODIS berukuran 2048 x 2048, dapat disimpulkan rasio kompresi berbanding terbalik dengan nilai PSNR yang dihasilkan, sementara tingkat level dekomposisi sebanding dengan nilai PSNR dengan level ideal 5. Meskipun memiliki PSNR yang tinggi, metode DCT tidak menghasilkan kualitas citra hasil kompresi yang memadai, terbukti dengan rendahnya nilai co-histogram simetri (SCH). Metode kompresi yang paling baik adalah multiwavelet (Db10+LS9/7) karena menghasilkan PSNR yang stabil di atas 50 dB hingga rasio kompresi 100 dengan nilai SCH rata-rata 0.99.

Kata kunci :

MODIS, Kompresi Citra, Prediksi Antar Band, Transformasi Wavelet, DCT.

ABSTRACT

Name : Rr. Adhitya Widyaningrum
Study Program : Electrical Engineering
Title : Comparison Analysis of MODIS Data Compression using Interband Prediction, Wavelet Transform, and Discrete Cosine Transform (DCT).

An image/picture could contain thousands of information. Remote sensing is a technology which uses an image in the form of satellite imagery as the main source of information. Remote sensing applications require good quality of image, represented by smaller size, since satellite sensors have wide measurement coverage of Earth surface. In this regards, image compression is needed. This thesis report covered image compression techniques using combination of interband prediction (as spectral compression) and discrete cosine transform (DCT) and wavelet transform (as spatial compression). Several wavelet transforms are applied in the experiment, such as LS 9/7, CDF 9/7, and multi-wavelet Daubechies 10 (Db10) + LS 9/7. The experiment results showed that the higher the compression ratio, the smaller PSNR values. This applies to all four methods of compression which were tested in this study. The higher level of decomposition of wavelet transformation, resulted in better PSNR. While the ideal level of decomposition for wavelet transformation is level 5. Even the DCT method resulted in high PSNR, but the quality of compression image is poor, which is shown in low Symmetrical Co-Histogram (SCH) value. The best result was obtained by combined method (Db10+LS9/7) which resulted in high PSNR (up to 50 dB), high compression ratio (up to 100), and average SCH values of 0.99.

Keywords :

MODIS, Image Compressing, Interband Prediction, Wavelet Transform, DCT.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	II
HALAMAN PENGESAHAN	III
KATA PENGANTAR	IV
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	VI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	VI
ABSTRAK	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 METODOLOGI PENELITIAN	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II KOMPRESI CITRA MODIS	6
2.1 PENGINDERAAN JAUH DAN DATA MODIS	6
2.2 KOMPRESI DATA CITRA MODIS	8
2.3 PREDIKSI LINIER ANTAR BAND (<i>INTERBAND PREDICTION</i>)	11
2.3.1 <i>Koefisien Korelasi</i>	13
2.4 TRANSFORMASI <i>WAVELET</i>	13
2.5 DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT)	16
2.6 PARAMETER PENGUKURAN	19
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA PEMROGRAMAN DAN SIMULASI	21
3.1 TEKNIK KOMPRESI YANG TELAH DIKEMBANGKAN	21
3.2 TEKNIK KOMPRESI YANG DIANALISIS	22
3.3 SIMULASI PROGRAM	23
3.3.1 <i>Kompresi Spektral</i>	25
3.3.2 <i>Kompresi Spasial</i>	26
BAB IV ANALISA HASIL SIMULASI	27

4.1	KOEFISIEN KORELASI ANTAR <i>BAND</i>	27
4.2	PSNR HASIL PREDIKSI ANTAR <i>BAND</i>	28
4.3	PSNR VS RASIO KOMPRESI	29
4.4	PSNR, RASIO KOMPRESI, DAN LEVEL DEKOMPOSISI	31
4.5	SYMMETRY CO-HISTOGRAM VS RASIO KOMPRESI	34
4.6	ANALISA WAKTU KOMPRESI.....	36
	KESIMPULAN	39
	DAFTAR PUSTAKA	39
	DAFTAR ACUAN	40

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	SPESIFIKASI DATA MODIS	7
TABEL 2.2	SYARAT KOMPRESI CITRA SATELIT MENURUT CCSDS [5].....	10
TABEL 4.1	PERBANDINGAN NILAI SCH UNTUK METODE DCT DAN MULTI WAVELET.	30
TABEL 4.2	PERBANDINGAN PSNR DAN RASIO KOMPRESI UNTUK KEEMPAT METODE	31
TABEL 4.3	PERBANDINGAN NILAI SCH UNTUK KEEMPAT METODE.	36
TABEL 4.4	PERBANDINGAN WAKTU KOMPRESI UNTUK KEEMPAT METODE.	38

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	DIAGRAM BLOK PROSES KOMPRESI	9
GAMBAR 2.2	DUA TAHAP ALGORITMA YANG DISARANKAN UNTUK KOMPRESI CITRA ^[5] ...	10
GAMBAR 2.3	URUTAN PROSES TEKNIK KOMPRESI <i>HYBRID</i>	11
GAMBAR 2.4	REPRESENTASI TRANSFORMASI <i>WAVELET</i> SEBAGAI <i>FILTER BANK</i> UNTUK <i>SUBBAND IMAGE CODING</i> ^[1]	14
GAMBAR 2.5	DEKOMPOSISI LEVEL 1 CITRA 2 DIMENSI DENGAN MENGGUNAKAN DWT ..	15
GAMBAR 2.6	BLOK DIAGRAM KOMPRESI JPEG BERBASIS DCT [1]	17
GAMBAR 2.7	SEBUAH BLOK SET BERUKURAN 8X8 BERISI 64 PIKSEL.....	18
GAMBAR 2.8	POLA SCAN ZIG-ZAG PADA KOEFISIEN DCT	19
GAMBAR 3.1	DIAGRAM BLOK TEKNIK KOMPRESI PADA REFERENSI ^[1]	22
GAMBAR 3.2	SAMPEL CITRA MODIS YANG DIGUNAKAN UNTUK SIMULASI.....	23
GAMBAR 3.3	BLOK DIAGRAM PEMROGRAMAN TEKNIK YANG DIANALISIS.	24
GAMBAR 3.4	ALGORITMA PEMROGRAMAN <i>INTERBAND PREDICTION</i>	25
GAMBAR 3.5	TAMPILAN GUI UNTUK PROGRAM <i>PREDIKSI INTERBAND</i>	25
GAMBAR 3.6	ALGORITMA KOMPRESI SPASIAL UNTUK KEDUA JENIS TRANSFORMASI. ATAS : TRANSFORMASI <i>WAVELET</i> , BAWAH : TRANSFORMASI KOSINUS (DCT).....	26
GAMBAR 3.7	TAMPILAN GUI UNTUK PROGRAM KOMPRESI SPASIAL.....	26
GAMBAR 4.1	GRAFIK KOEFISIEN KORELASI ANTARA <i>IMAGE BAND</i> YANG AKAN DIPREDIKSI DENGAN REFERENSI RATA-RATA <i>IMAGE BAND</i> SEBELUM DAN SESUDAHNYA.	27
GAMBAR 4.2	CITRA ASLI <i>BAND 6, 13 DAN 21</i> YANG MEMILIKI KOEFISIEN KORELASI RENDAH	28
GAMBAR 4.3	GRAFIK PSNR DARI <i>IMAGE BAND</i> YANG TELAH DIPREDIKSI.....	28
GAMBAR 4.4	PERBANDINGAN PSNR DAN CR KEEMPAT METODE KOMPRESI SPASIAL.....	29
GAMBAR 4.5	A. CITRA SAMPEL ORIGINAL, B. CITRA SESUDAH KOMPRESI DCT 50 : 1, C. CITRA SESUDAH KOMPRESI MULTI <i>WAVELET</i> 50 : 1.	30
GAMBAR 4.6	GRAFIK PSNR, RASIO KOMPRESI, DAN LEVEL DEKOMPOSISI UNTUK TRANSFORMASI <i>WAVELET</i> LS 9/7.....	32
GAMBAR 4.7	GRAFIK PSNR, RASIO KOMPRESI, DAN LEVEL DEKOMPOSISI UNTUK TRANSFORMASI <i>WAVELET</i> CDF 9/7.	32
GAMBAR 4.8	GRAFIK PSNR, RASIO KOMPRESI, DAN LEVEL DEKOMPOSISI UNTUK TRANSFORMASI MULTI <i>WAVELET</i> DB 10 + LS 9/7.	33

GAMBAR 4.9	PERBANDINGAN PSNR DAN RASIO KOMPRESI YANG DIGUNAKAN PADA KETIGA WAVELET LEVEL 5	34
GAMBAR 4.10	PERBANDINGAN SCH DAN RASIO KOMPRESI UNTUK METODE MULTIWAVELET LEVEL 5.	35
GAMBAR 4.11	PERBANDINGAN SYMMETRY CO-HISTOGRAM DENGAN RASIO KOMPRESI KEEMPAT METODE.	35
GAMBAR 4.12	PERBANDINGAN WAKTU VS RASIO KOMPRESI KEEMPAT METODE.	37
GAMBAR 4.13	PERBANDINGAN WAKTU VS LEVEL DEKOMPOSISI METODE WAVELET.	37



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi komunikasi pada era globalisasi dalam beberapa tahun belakangan ini telah mendorong berkembangnya teknologi serta kebutuhan akan telekomunikasi di bidang-bidang lainnya. Tak jarang beberapa bidang tersebut menuntut pengiriman data yang cepat serta penggunaan sumber daya seperti *bandwidth* dan memori yang efisien. Salah satu usaha yang dilakukan untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah dengan mengembangkan teknik kompresi data yang dapat mengurangi ukuran dan *bit rate* dari suatu data tertentu dengan tetap menjaga kualitas data yang dikompresi. Pada dasarnya teknik kompresi yang baik akan menghasilkan rasio kompresi dan kualitas yang sebaik mungkin.^[1] Teknik kompresi yang banyak digunakan antara lain dengan menggunakan transformasi dan pengkodean.

Untuk aplikasi bidang penginderaan jauh (*remote sensing*) teknologi kompresi digunakan pada *spacesegment* yaitu *spacecraft* atau satelit dan *groundsegment* atau stasiun bumi. Pada *spacesegment* dilakukan data akuisisi atau perekaman data oleh sensor yang dibawa satelit. Data tersebut merupakan data pengukuran kuantitatif terhadap energi yang dipantulkan atau dipancarkan oleh obyek pada permukaan bumi.

Kedepannya, *trend* perkembangan teknologi penginderaan jauh adalah teknologi penginderaan jauh *hyperspectral* dengan resolusi tinggi, yaitu teknologi yang mengukur respon spectrum dari obyek pada permukaan bumi dengan *range* atau *band* frekuensi yang lebar dan terdiri sangat banyak (hingga ratusan) *band*. Selain mempunyai *band* yang sangat banyak atau mempunyai resolusi spektral yang tinggi perkembangan teknologi penginderaan jauh juga akan menghasilkan data yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi pula. Sehingga kedepan analisa spectrum dan spasial dapat lebih bervariasi dan lebih presisi.

Teknologi penginderaan jauh *hyperspectral* akan menghasilkan data yang terdiri dari ratusan *band* dimana setiap *band* direpresentasikan oleh satu *image*

yang mempunyai karakteristik tertentu sesuai dengan *band* masing-masing. Semakin tinggi resolusi spasial dari suatu gambar, semakin kecil ukuran setiap piksel serta semakin banyak pula jumlah piksel yang terkandung di dalamnya. Akibatnya, ukuran data gambar akan semakin besar sehingga ruang yang diperlukan untuk menyimpan data tersebut juga akan semakin besar.

Salah satu contoh data satelit penginderaan jauh yang mempunyai kanal atau *band* cukup banyak adalah data *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Data MODIS ini diperoleh dari suatu sensor penginderaan jauh yang dibawa oleh satelit *Earth Observation System* (EOS) Terra dan Aqua. Data MODIS terdiri dari 36 *image band* atau kanal spektrum mulai dari spektrum *visible* hingga *thermal infrared*. Data MODIS digunakan untuk pengamatan permukaan bumi dengan cakupan pengamatan global dan resolusi spasial yang moderat atau rendah.

Aplikasi data MODIS diantaranya adalah pengamatan bencana alam seperti kebakaran hutan, pengamatan indeks vegetasi, indeks tanah dan lain-lain. Aplikasi pengamatan perubahan lingkungan dengan cakupan global dapat berubah setiap waktu maka diharapkan sumber informasi tersebut dapat diperoleh secepat mungkin, sehingga dibutuhkan *delivery* data yang juga secepat mungkin atau *near real time*.

Untuk mendapatkan data yang benar-benar *real time* sangat sulit dilakukan, dikarenakan proses perekaman atau akuisisi data satelit dan *pre-processing* untuk menghasilkan data standar atau level data tertentu hingga siap diolah oleh pengguna membutuhkan waktu. Selain itu jika stasiun bumi untuk akuisisi data satelit penginderaan jauh tersebut jauh dari *user* atau pusat pengolahan data, maka tingkat ketersediaan data juga akan semakin rendah.

Berdasarkan ilustrasi di atas, maka dibutuhkan suatu algoritma kompresi yang dapat mengoptimalkan ukuran data tetapi tetap mempertahankan suatu standar kandungan informasi dalam data tersebut sehingga masih dapat ditoleransi untuk kebutuhan aplikasi yang terkait dengan spesifikasi tertentu.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang suatu perangkat lunak pengompresian lossy yang baik dan efektif pada citra satelit jenis MODIS dengan menggunakan metode kompresi *hybrid*. Setelah itu hasil kompresi dari tiap metode akan dibandingkan satu sama lain untuk dicari yang mana yang terbaik dengan menggunakan parameter PSNR, rasio kompresi, symmetry co-histogram, dan waktu kompresi.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa teknik kompresi untuk data satelit penginderaan jauh MODIS menggunakan beberapa metode. Teknik kompresi yang digunakan adalah kombinasi antara kompresi spektral dengan kompresi spasial, dan membandingkan teknik yang digunakan pada referensi^[1] dengan multiwavelet dan DCT. Untuk kompresi spektral digunakan prediksi linier antar *band* (*Interband Prediction*) yang memanfaatkan prinsip korelasi antar *band* dari suatu set data MODIS untuk memprediksi *image band* tertentu. Prediksi linier antar *band* yang akan dianalisa menggunakan referensi *image band* rata-rata sebelum dan sesudah *band* yang akan diprediksi, sesuai dengan yang dianjurkan pada^[1]. Sementara untuk kompresi spasial digunakan dua metode, yaitu Transformasi Wavelet dan Transformasi Kosinus Diskrit (DCT). Transformasi Wavelet yang digunakan sendiri menggunakan 3 variasi, yaitu *Lifting Schema* (LS) 9/7 dan *Cohen-Daubechies-Feauveau* (CDF) 9/7 yang digunakan pada^[1], serta teknik baru yang dikembangkan yaitu kombinasi multiwavelet antara *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Integer Wavelet Transform* (IWT). Metode DWT yang digunakan adalah transformasi wavelet *Daubechies* 10, kemudian dilanjutkan dengan IWT menggunakan LS 9/7.

Data yang digunakan sebagai sampel adalah data MODIS level-1 yang telah dikoreksi *bow-tie* dan geografis. Ukuran sampel yang digunakan adalah 2048 x 2048 piksel dengan kuantisasi 8 bit per piksel. Pemilihan ukuran ini bertujuan untuk mendekati ukuran data MODIS yang sebenarnya yaitu 2805 x

4766 piksel, sehingga waktu proses kompresi juga mendekati waktu yang sebenarnya.

Analisa yang dilakukan akan memperhatikan karakteristik gambar hasil kompresi dari masing-masing metode lalu dibandingkan satu sama lain. Parameter yang akan digunakan untuk mengukur karakteristik masing-masing gambar adalah PSNR, *symmetry co-histogram*, rasio kompresi, dan waktu kompresi dari setiap metode.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

- a) Studi kepustakaan untuk mempelajari informasi mengenai penginderaan jarak jauh dan karakteristik citra hasil tangkapannya serta mengenai metode-metode kompresi citra dari internet, buku, jurnal, artikel dan literatur lainnya dengan referensi utama yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tesis yang ditulis oleh Ayom Widipaminto yang berjudul *Analisa Teknik Kompresi Data Satelit Penginderaan Jauh MODIS Menggunakan Interband Prediction dan Wavelet Transform*,
- b) Perancangan algoritma untuk proses kompresi citra dengan empat buah metode dengan keseluruhan algoritma terdiri atas beberapa tahapan yaitu: pemrosesan awal data (*pre-processing*), kompresi spektral dengan menggunakan prediksi antar *band*, dan kompresi spasial dengan transformasi wavelet dan DCT,
- c) Simulasi dan analisa hasil dari percobaan dan simulasi akan menggunakan komputer LG dengan prosesor Intel(R) Xeon(R) CPU X3370 @3.00 GHz, 3.24 GB RAM dan dilakukan analisa terhadap PSNR, rasio kompresi, *symmetry co-histogram*, dan waktu kompresi dari setiap metode.

1.5 Sistematika Penulisan

Bab satu meliputi latar belakang pemilihan topik, tujuan penelitian, batasan-batasan masalah yang terdapat pada rancangan, metode penelitian, dan sistematika penulisan. Bab dua menjelaskan teori-teori dasar mengenai data MODIS, teknik kompresi citra dan karakteristiknya serta proses yang diperlukan dalam melakukan pengolahan dan pengkompresian citra. Bab tiga berisi urutan kerja dan algoritma yang dibuat untuk membangun suatu sistem pengkompresian citra secara lengkap dan penjelasan tentang gambaran algoritma program yang dibuat secara umum dan teknis, serta bagian-bagian subsistem rancangan. Selain itu, bab ini juga akan menjelaskan tentang simulasi beserta langkah-langkah yang dilakukan di dalamnya. Bab empat menjelaskan tentang analisa hasil simulasi menurut dasar teori dan studi kepustakaan yang telah diteliti. Bab lima menjelaskan kesimpulan hasil perancangan sistem kompresi citra dan merupakan penutup bagi laporan penelitian skripsi ini.

BAB II KOMPRESI CITRA MODIS

2.1 Penginderaan Jauh dan Data MODIS

Penginderaan jauh merupakan teknik pengamatan permukaan bumi baik daratan maupun perairan dengan mengukur radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau diemisikan oleh permukaan bumi tersebut.^[1] Pada pengukuran radiasi elektromagnetik penginderaan jauh, dipilih beberapa *band* frekuensi dalam suatu jangkauan tertentu untuk merepresentasikan kondisi permukaan bumi. Suatu obyek pada permukaan bumi akan dianalisa dan diidentifikasi berdasarkan respon *band-band* frekuensi tersebut. Analisa jenis ini disebut analisa spektral. Selain analisa spektral, analisa juga dilakukan secara visual dari bentuk-bentuk spasial suatu obyek pada *image band* tertentu yang disebut analisa spasial.^[8]

Data penginderaan jauh adalah data yang dihasilkan dari proses akuisisi oleh sensor-sensor penginderaan jauh yang memiliki frekuensi tertentu yang telah diklasifikasikan sesuai dengan tujuan aplikasinya. Setiap *band* akan direpresentasikan kedalam sebuah gambar yang disebut *image band*. Masing-masing *image band* mewakili jangkauan frekuensi tertentu dan memiliki tujuan aplikasi yang berbeda-beda. Keterangan lengkap mengenai pembagian frekuensi pada data MODIS dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Berdasarkan karakteristik satelit atau wahana pembawanya serta karakteristik sensor penginderaan jauh, spesifikasi data penginderaan jauh terdiri dari resolusi spektral, resolusi spasial, dan resolusi temporal^[8]. Resolusi spektral adalah seberapa banyak *band* frekuensi yang diukur, semakin banyak *band* maka akan semakin banyak obyek yang dapat diidentifikasi. Resolusi spasial ditentukan oleh ukuran piksel pada citra *image* yang merepresentasikan ukuran obyek sebenarnya. Semakin kecil ukuran piksel, maka semakin sedikit detail obyek yang dapat diamati. Resolusi temporal dinyatakan oleh seberapa cepat data akan mengakuisisi obyek permukaan bumi pada lokasi yang sama. Resolusi temporal ditentukan oleh spesifikasi sensor dan orbit satelit yang membawa sensor penginderaan jauh, yang mengakibatkan akuisisi data akan kembali pada suatu

posisi tertentu.^[1] Fungsi dari resolusi temporal adalah untuk mengamati atau menganalisis pengamatan multi-temporal dari suatu wilayah.

Tabel 2.1 Spesifikasi Data MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required SNR ³
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620 – 670	21.8	128
	2	841 – 876	24.7	201
Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459 – 479	35.3	243
	4	545 – 565	29.0	228
	5	1230 – 1250	5.4	74
	6	1628 – 1652	7.3	275
	7	2105 – 2155	1.0	110
Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required SNR ³
Ocean Color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry	8	405 – 420	44.9	880
	9	438 – 448	41.9	838
	10	483 – 493	32.1	802
Ocean Color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry	11	526 – 536	27.9	754
	12	546 – 556	21.0	750
	13	662 – 672	9.5	910
	14	673 – 683	8.7	1087
	15	743 – 753	10.2	586
	16	862 – 877	6.2	516
Atmospheric Water Vapor	17	890 – 920	10.0	167
	18	931 – 941	3.6	57
	19	915 – 965	15.0	250
Surface/Cloud Temperature	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Atmospheric Temperature	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Cirrus Clouds Water Vapor	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Cloud Properties	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Surface/Cloud Temperature	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Cloud Top	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25

Berdasarkan jumlah *band* frekuensi yang diukur, data penginderaan jauh dapat dikategorikan menjadi *multispectral* dan *hyperspectral*. Sementara berdasarkan resolusi spasialnya data dapat dikategorikan menjadi data resolusi rendah (1 piksel > 1 km), data resolusi menengah (5 m < 1 piksel < 1 km) dan data resolusi tinggi (1 piksel < 5 m). Resolusi spasial paling tinggi yang ada saat ini adalah 1m untuk data IKONOS dan 0,6 m untuk data *Quickbird*^[1].

Data resolusi rendah dan menengah biasanya digunakan untuk aplikasi pengamatan lingkungan dalam cakupan yang luas atau global, sedangkan data resolusi tinggi digunakan untuk pengamatan yang lebih detail misalnya untuk pengamatan daerah perkotaan hingga kabupaten.

Data MODIS memiliki 36 kanal yang artinya setiap set data terdiri dari 36 image band yang berbeda-beda. Dengan demikian, ukuran data MODIS cukup besar yaitu sekitar 2 GB untuk setiap paket data yang terdiri atas 36 *band* dengan resolusi spasial 250 m, 500 m, dan 1 km.

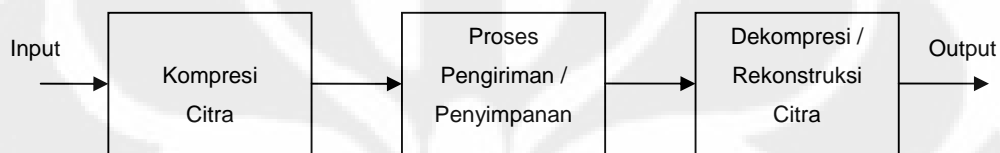
2.2 Kompresi Data Citra MODIS

Perkembangan teknologi dan kebutuhan yang ada saat ini menuntut efisiensi penggunaan sumber daya, baik *bandwidth* maupun memori, yang lebih baik. Efisiensi ini dapat diwujudkan dengan mengurangi ukuran file yang akan disimpan dan ditransmisikan. Pengurangan ukuran data ini biasa disebut dengan kompresi atau pemampatan file. Pada dasarnya teknik kompresi yang baik akan menghasilkan keluaran dengan tingkat kompresi yang tinggi, tetapi memiliki kualitas yang masih baik dan dapat digunakan untuk aplikasi selanjutnya. Kompresi ini dapat diterapkan kepada berbagai macam format data, mulai dari suara, gambar diam, dan gambar bergerak atau video.

Image compressing atau pemampatan citra merupakan suatu proses dimana jumlah data yang digunakan untuk merepresentasikan suatu citra dikurangi untuk memenuhi suatu kebutuhan *bit rate* tertentu, sementara kualitas dari citra hasil rekonstruksi tetap terjaga dan memenuhi standar yang diinginkan.^[7] Secara umum kompresi dilakukan dengan cara membuang bagian-bagian informasi yang tidak terlalu penting (*redundancy data*) didalam suatu

rangkaian data. Untuk memenuhi persyaratan ini, dilakukan proses komputasi yang kompleks dengan menggunakan berbagai macam metode. Banyak teknik yang dapat diterapkan untuk melakukan kompresi, mulai dari transformasi data ke dalam domain dimana data berulang dapat dihilangkan dengan mudah; membangun sebuah model statistik dari data; hingga mengkode entropi data tersebut.^[3]

Proses kerja metode kompresi secara umum dapat dilihat dari diagram blok pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Diagram Blok Proses Kompresi

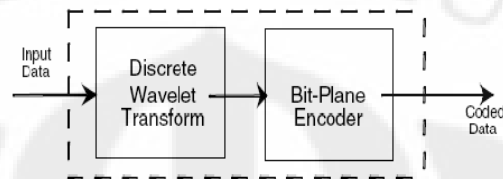
Berdasarkan jumlah informasi yang dikurangi terdapat dua jenis kompresi, yaitu *lossless* dan *lossy*. Pada skema kompresi *lossless*, citra hasil rekonstruksi memiliki karakteristik dan kualitas yang identik dengan citra aslinya. Sementara pada *lossy*, kualitas citra hasil rekonstruksinya menurun karena terdapat beberapa bagian informasi yang dihilangkan. Namun demikian, rasio kompresi yang digunakan untuk kompresi tipe *lossless* lebih kecil daripada rasio kompresi pada tipe *lossy*. Semakin besar kompresi, semakin banyak informasi yang hilang dan berarti semakin menurun kualitas citranya.

$$\text{Rasio kompresi} = \frac{\text{Ukuran data sebelum kompresi}}{\text{Ukuran data sesudah kompresi}} \dots \quad (2.1)$$

Karena data satelit penginderaan jauh digunakan untuk melakukan suatu pengukuran, maka hasil kompresi data diharapkan tidak mengurangi kualitas data. Oleh karena itu untuk aplikasi pada bidang penginderaan jauh, metode kompresi yang dilakukan harus memenuhi syarat-syarat tertentu seperti yang telah dijelaskan pada.^[4] Persyaratan tersebut diantaranya adalah :

- a) algoritma kompresi harus dapat menyesuaikan perubahan statistik data untuk memaksimalkan performansi,
- b) algoritma harus dapat diimplementasikan dalam real time dengan mengkonsumsi memori dan daya yang sekecil mungkin,

- c) algoritma harus menciptakan sebuah sistem paket data yang harus dapat didekodekan secara independen, tanpa memerlukan informasi dari paket-paket data yang lain.



Gambar 2.2 Dua Tahap Algoritma yang Disarankan untuk Kompresi Citra ^[5]

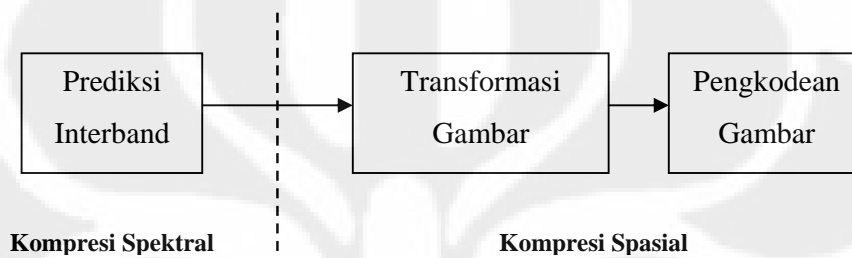
Data MODIS sendiri memiliki rekomendasi standar kompresi yang dikeluarkan oleh sebuah kelompok riset yang bernama *Cosultative Committe for Space Data System* (CCSDS). CCSDS ini mengkhususkan diri pada pengembangan teknik kompresi data yang merupakan format standar data satelit penginderaan jauh. Standar algoritma yang paling baru dirilis pada tahun 2005 yang terdiri atas transformasi wavelet diskrit pada citra 2 dimensi yang diikuti dengan pengkodean (*coding*) secara progresif bit-bit data yang telah ditransformasi seperti tampak pada **Gambar 2.2** ^[5]. Menurut ^[5], algoritma ini dapat diterapkan pada jenis kompresi *lossy* maupun *lossless*, dan mengizinkan pengguna untuk mengatur secara langsung volume data yang akan dikompresi serta keakuratan data yang akan direkonstruksi. **Tabel 2.2** menerangkan secara lebih spesifik syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah algoritma kompresi.

Tabel 2.2 Syarat Kompresi Citra Satelit Menurut CCSDS [5]

No.	Syarat Kompresi Citra
1	Dapat memproses data frame dan non-frame.
2	Memiliki variabel rasio kompresi atau kualitas citra keluaran yang dapat diatur.
3	Dapat memproses citra dengan 4-bit hingga 16-bit informasi per piksel.
4	Memenuhi proses <i>real-time</i> dengan kualifikasi tertentu mengacu kepada teknologi elektronika luar angkasa tahun 2000. (≥ 20 Msampel/s, ≤ 1 watt/Msampel/s).
5	Dapat dioperasikan dengan perangkat minimum
6	Menghasilkan efek <i>packet loss</i> yang sedikit dalam kompresi.

Teknik kompresi data inderaja yang cukup baru adalah mengombinasikan prinsip reduksi redundansi spektral dan spasial. Teknik kompresi ini dikenal

dengan istilah teknik kompresi *hybrid* seperti yang telah diterapkan pada referensi [1] dan [2]. Reduksi redundansi spektral dilakukan dengan prediksi linier antar *band* sementara redundansi spasial dikurangi dengan teknik transformasi dan pengkodean citra (*image coding*). Teknik *hybrid* seperti pada referensi [1] inilah yang akan digunakan pada penelitian skripsi, dengan menambahkan metode transformasi citra yang akan dibandingkan. Urutan teknik kompresi data secara hybrid dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Urutan Proses Teknik Kompresi *Hybrid*.

2.3 Prediksi Linier Antar Band (*Interband Prediction*)

Data hiperspektral mempunyai jumlah kanal spektrum yang banyak, yaitu 36 kanal untuk data MODIS, dimana masing-masing kanal akan direpresentasikan sebagai suatu *scene* citra yang biasa disebut sebagai *image band*. Kanal-kanal tersebut memiliki frekuensi yang saling berdekatan sehingga terdapat kemiripan antara *image band* yang satu dengan *image band* yang lain. Kedekatan antar *image band* ini memungkinkan dilakukannya prediksi suatu *image band* dengan menggunakan *image band* yang lain sebagai referensi, seperti yang telah dijelaskan pada [1] [2] dan [6].

Referensi [6] memprediksikan suatu *image band* tertentu menggunakan persamaan linier dengan berdasarkan *image band* sebelumnya. Konstanta-konstanta dari persamaan linier tersebut diturunkan dari kondisi *Mean Square Error* (MSE) atau error antara *image band* asli dengan *image band* hasil prediksi. Ilustrasi prediksi linier dapat digambarkan sebagai berikut, sesuai dengan yang dijelaskan pada [1] :

- a) Persamaan prediksi *image band* ke- n dari *image band* referensi ke sebelum dan sesudahnya dengan konstanta a_{n-1} , a_{n+1} , b_{n-1} dan b_{n+1} .

$$\bar{x}_{n,i,j} = a_{n-1} \frac{(x_{n-1,i,j} + x_{n+1,i,j})}{2} + b_{n-1} \quad \dots \quad (2.2)$$

- b) Konstanta a_{n-1} dan b_{n-1} yang paling baik adalah konstanta yang menghasilkan *image band* prediksi sama atau paling mendekati dengan *image band* originalnya.

$$\sigma_n^2 = E\{(x_{n,i,j} - \bar{x}_{n,i,j})^2\} \quad \dots \quad (2.3)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{n,i,j} - a_{n-1}x_{n-1,i,j} - b_{n-1})^2 \quad \dots \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial \sigma_n^2}{\partial a_{n-1}} = -2 [r(n, n-1) - a_{n-1}r(n-1, n-1) - b_{n-1}u(n-1)] = 0$$

$$\frac{\partial \sigma_n^2}{\partial b_{n-1}} = -2 [u(n) - a_{n-1}u(n-1) - b_{n-1}] = 0 \quad \dots \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.4), nilai a_{n-1} dan b_{n-1} dapat diturunkan dan dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{cases} a_{n-1} = \left[\frac{r(n, n-1) - u(n-1)u(n)}{r(n-1, n-1) - u^2(n-1)} \right] \\ b_{n-1} = [u(n) - a_{n-1}u(n-1)] \end{cases} \quad \dots \quad (2.6)$$

Dimana $r(n, n-1)$ dan $u(n)$ adalah rata-rata dari perkalian antara *image band* ke- n dan $n-1$.

Referensi [1] membandingkan beberapa metode prediksi antar *band* dengan variasi *band* yang dijadikan referensi. Metode prediksi yang paling baik adalah yang menghasilkan citra paling mirip dengan citra *band* aslinya, yaitu dengan menggunakan rata-rata *band* sebelum (X_{n-1}) dan sesudah (X_{n+1}) *image band* yang akan diprediksi (X_n) sebagai referensi. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan referensi *image band* terdekat sebagai prediksi.

2.3.1 Koefisien Korelasi

Sebelum melakukan prediksi antar *band* terlebih dahulu dihitung koefisien korelasi antara image band ke n dan image band ke $n-1$. Perhitungan koefisien korelasi pada penelitian ini menggunakan korelasi silang. Masing-masing image band direpresentasikan sebagai matriks berukuran 2048×2048 . Seluruh elemen matriks dari masing-masing image band diurutkan kemudian dicari besar koefisien korelasinya. Koefisien korelasi dilambangkan dengan R dan didapatkan dengan menggunakan perhitungan :

$$R = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Dimana n adalah jumlah baris,
 x adalah image band ke n
 y adalah image band ke $n-1$

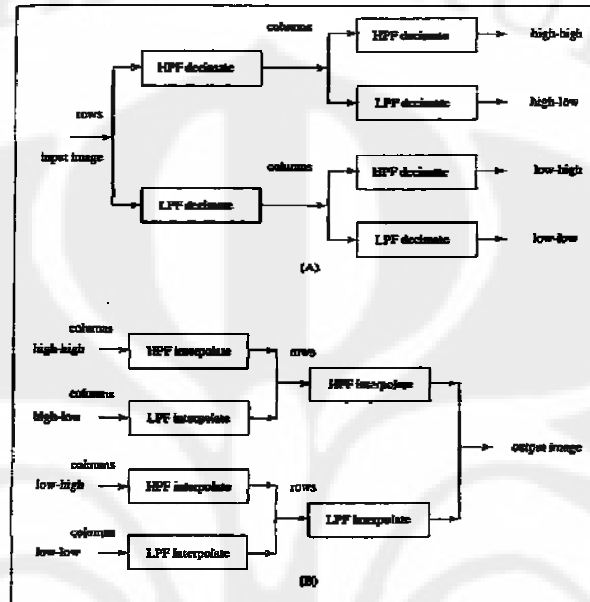
Besarnya koefisien korelasi antara 0 dan 1. Semakin mendekati 1, maka tingkat kemiripan antara image band yang satu dengan image band yang lain semakin tinggi.

2.4 Transformasi Wavelet

Dalam beberapa tahun belakangan ini, transformasi wavelet banyak digunakan untuk mengompresi data citra dan video. Transformasi wavelet adalah salah satu jenis transformasi *lossless* yang merepresentasikan data dalam fungsi waktu kedalam fungsi wavelet. Koefisien wavelet yang dihasilkan mengandung semua informasi yang dimiliki oleh citra asli dengan ukuran yang lebih padat.

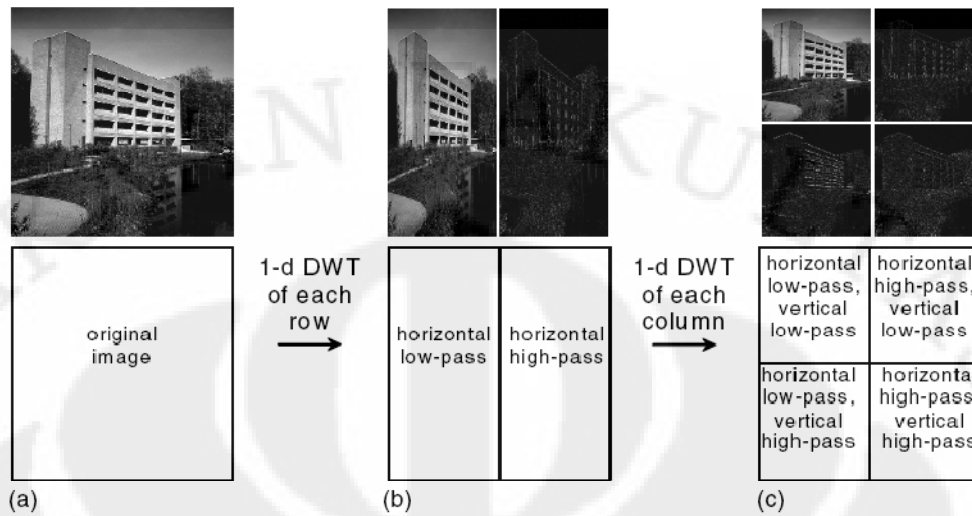
Transformasi ini dilakukan dengan menerapkan filter *high-pass* dan *low-pass* dua dimensi untuk menghasilkan sebuah sub-citra beresolusi rendah yang berukuran seperempat ukuran semula, dan tiga buah sub-citra yang mewakili koefisien detail yang juga berukuran seperempat kali ukuran semula. Citra resolusi rendah yang dihasilkan kemudian di-filter secara rekursif beberapa kali

sesuai dengan yang diinginkan. Representasi transformasi wavelet dapat dijelaskan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Representasi Transformasi *Wavelet* Sebagai *Filter Bank* Untuk *Subband Image Coding*^[1]

Koefisien-koefisien filter pada **Gambar 2.4** merupakan representasi dari mother *wavelet* yang digunakan untuk mentransformasi citra masukan. Dengan cara mengkonvolusi koefisien-koefisien filter tersebut dengan piksel-piksel dari suatu citra dan mendesimasi hasil filter tersebut, maka akan didapatkan subband image coding dalam domain wavelet.



Gambar 2.5 Dekomposisi Level 1 Citra 2 Dimensi dengan Menggunakan DWT

Integer Wavelet Transform merupakan salah satu jenis transformasi *wavelet* seperti yang telah dijelaskan pada [1] dan [2] yang menggunakan transformasi *wavelet biorthogonal* dengan *wavelet* basis seperti dapat dilihat pada persamaan (2.7).

9/7 wavelet basis:

$$\begin{cases} d_{1,l}^{(1)} = s_{0,2l+1} + \left[\alpha(s_{0,2l} + s_{0,2l+2}) + 1/2 \right] \\ s_{1,l}^{(1)} = s_{0,2l+1} + \left[\beta(d_{1,l}^{(1)} + d_{1,l-1}^{(1)}) + 1/2 \right] \\ d_{1,l} = d_{1,l}^{(1)} + \left[\gamma(s_{1,l}^{(1)} + s_{1,l+1}^{(1)}) + 1/2 \right] \\ s_{1,l} = s_{1,l}^{(1)} + \left[\delta(d_{1,l} + d_{1,l-1}) + 1/2 \right] \end{cases}$$

where $\alpha \approx -1.586134342$, $\beta \approx -0.05298011854$,
 $\gamma \approx 0.8829110762$, $\delta = 0.4435068522$.

... (2.7)

Konstanta α , β , γ , δ diperoleh dari perhitungan seperti dijelaskan pada [9]. Persamaan fungsi basis wavelet di atas akan menentukan konstanta-konstanta filter untuk dekomposisi dan sintesis sinyal. Angka 9/7 berarti transformasi menggunakan 9 tap filter untuk menghitung keluaran low-pass, dan 7 tap filter untuk menghitung keluaran high-pass filter.^[5]

2.5 Discrete Cosine Transform (DCT)

Salah satu metode encoding yang digunakan pada penelitian ini adalah DCT atau *Discrete Cosine Transform*. DCT biasanya diterapkan pada teknik kompresi *lossy* JPEG. Seperti transformasi lainnya, DCT digunakan untuk mendekorelasikan sebuah gambar. Setelah didekorelasi, setiap koefisien transformasi akan di encode tanpa mengurangi efisiensi kompresi.

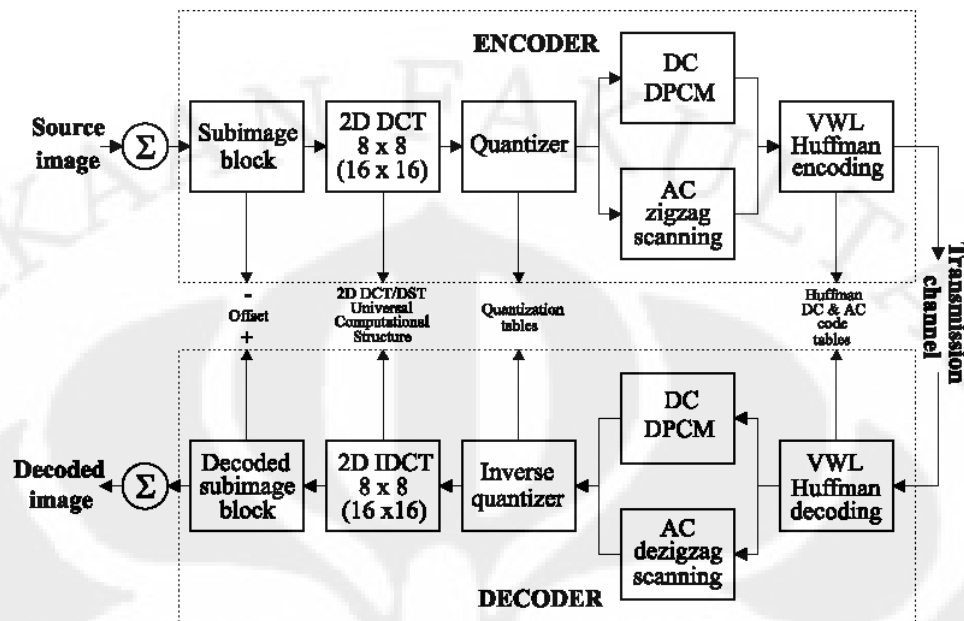
DCT dapat dianggap sebagai sebagai deret kosinus-Fourier versi waktu diskrit dan sangat berhubungan dengan DFT, karenanya DCT juga dapat dihitung dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Tidak seperti DFT, DCT memiliki nilai yang sesungguhnya dan mampu memberikan pendekatan sinyal yang lebih baik dengan koefisien yang lebih sedikit. Sinyal diskrit DCT $x(n)$, $n=0, 1, \dots, N-1$ dapat didefinisikan sebagai persamaan (2.8). Sementara **Gambar 2.6** menunjukkan blok diagram encoder dan decoder untuk proses kompresi dan dekompresi DCT ini.

$$X(u) = \sqrt{\frac{2}{n}} C(u) \sum_{n=0}^{N-1} S(u) \cos\left(\frac{(2n+1)u\pi}{2n}\right) \quad \dots \quad (2.8)$$

dimana : $C(u) = 2^{-1/2} = 0.707$; untuk $u = 0$, dan
 $= 1$; untuk nilai u lainnya

Berikut ini adalah langkah-langkah yang diperlukan dalam kompresi gambar berbasis DCT:

- a) Citra asal dipartisi ke dalam beberapa blok berukuran $N \times N$ piksel dengan N merupakan kelipatan pangkat 2 (2^m) yang diproses secara sekuensial, dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Standar JPEG menggunakan blok berukuran 8×8 piksel seperti dapat dilihat pada **Gambar 2.7**. Setiap blok digeser berdasarkan levelnya dan ditransformasi dengan DCT tanpa menghilangkan informasi dari sampel sumber.



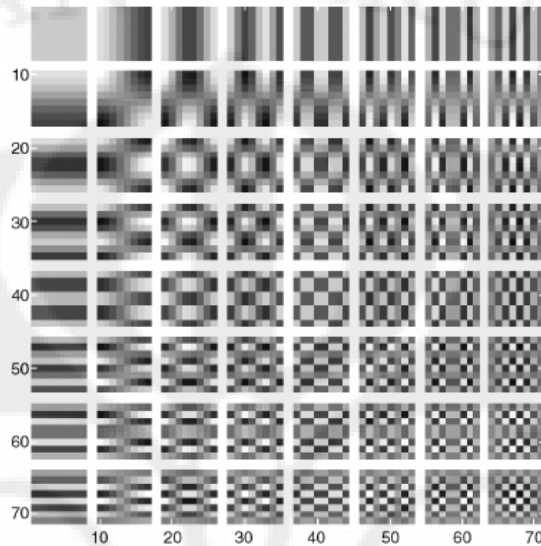
Gambar 2.6 Blok diagram kompresi JPEG berbasis DCT [1]

- b) Susunan koefisien DCT yang membentuk matriks 2 dimensi ini kemudian dikuantisasi secara seragam. Koefisien yang terletak pada pojok kiri atas yang memiliki nilai frekuensi nol pada kedua dimensi disebut sebagai koefisien DC, dan proporsional terhadap tingkat keterangan rata-rata dari blok spasial. Koefisien sisanya disebut koefisien AC.

Untuk menentukan prioritas kuantisasi, koefisien transformasi dapat diberikan bobot masing-masing sesuai dengan tingkat kepentingannya secara visual dengan *Human Visual System* (HVS). HVS ini dapat mentoleransi kesalahan dalam kuantisasi pada frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi rendah. Artinya, HVS lebih sensitif terhadap koefisien frekuensi yang rendah daripada yang tinggi.

Tabel kuantisasi diukur berdasarkan kepada faktor kualitas yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai faktor kualitas ini antara 0-100 dan dinyatakan dalam persentase dengan nilai skala dasar 50. Jika kualitas faktornya 100, maka elemen tabel kuantisasinya akan sama dengan 1 untuk blok berukuran

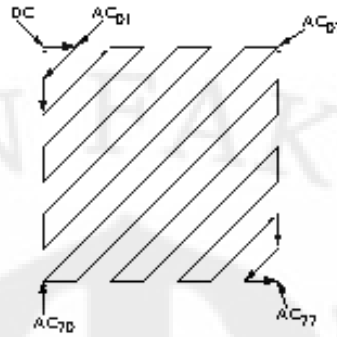
8x8 dan 2 untuk blok berukuran 16x16. Elemen ini memiliki nilai antara 1 sampai 255.



Gambar 2.7 Sebuah blok set berukuran 8x8 berisi 64 piksel

- c) Proses kuantisasi dari koefisien AC akan menimbulkan banyak nilai nol, terutama pada frekuensi yang lebih tinggi. Untuk memanfaatkan nilai-nilai nol ini, susunan koefisien transformasi DCT 2-dimensi disusun ulang dengan menggunakan pola zig-zag untuk membentuk susunan 1 dimensi seperti yang terlihat pada **Gambar 2.8**. Penyusunan ini dilakukan dari nilai koefisien yang paling tinggi ke yang paling rendah dengan tujuan untuk mempermudah pengkodean entropi dengan cara menempatkan koefisien bukan nol dari frekuensi rendah sebelum koefisien untuk frekuensi tinggi.

Koefisien DC, yang mengandung bagian paling besar dari total energi citra, diencode secara diferensial dengan menggunakan DPCM. Kuantisasi merupakan inti dari proses ini, karena kombinasi dari kuantisasi dan pengkodean memberikan pengaruh yang paling besar terhadap hasil kompresi.



Gambar 2.8 Pola Scan Zig-Zag Pada Koefisien DCT

2.6 Parameter Pengukuran

Dalam kompresi citra terdapat suatu standar yang pengukuran yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas citra hasil kompresi, yaitu:

1. Mean Square Error (MSE)

Merupakan sigma dari jumlah error antara citra hasil kompresi dan citra asli.

Semakin rendah nilai RMS, semakin baik kualitas citra.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{ij} - f'_{ij})^2}$$

... (2.9)

dimana : *RMS* adalah nilai

f_{ij} adalah nilai pixel pada citra asli

f'_{ij} adalah nilai pixel pada citra hasil kompresi

M adalah panjang citra

N adalah lebar citra

2. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

PSNR digunakan untuk menghitung perbandingan antara kuat sinyal citra dengan sinyal noise (derau) dan dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Nilai

PSNR dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.10. Citra yang baik memiliki nilai PSNR yang lebih besar.

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{b}{RMS} \quad \dots \quad (2.10)$$

Menurut referensi^[10] mengenai analisis pengaruh hasil kompresi dengan aplikasi data penginderaan jauh, hasil kompresi untuk data hiperspektral jenis AVIRIS dan HYDICE dengan PSNR 30 dB dan 40 dB masih menghasilkan klasifikasi data penginderaan jauh atau pembuatan kelas-kelas obyek secara visual yang mendekati hasil klasifikasi pada data originalnya. Dari penjelasan ini maka ditentukan bahwa batas PSNR hasil kompresi minimum yang masih dianggap baik adalah 40 dB.

3. Symmetry Co-Histogram (SCH)

Symmetry Co-Histogram mengukur tingkat kemiripan suatu citra hasil kompresi dengan citra originalnya. Menurut referensi^[11] SCH dapat digunakan sebagai pendukung PSNR dalam mengukur kualitas dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Nilai SCH didapatkan dengan menerapkan rumus (2.11)

$$Symmetry = \frac{\sum_{p \geq q} H(p, q)H(q, p)}{\sqrt{\sum_{p \geq q} H^2(p, q) \sum_{p \geq q} H^2(q, p)}} \quad \dots \quad (2.11)$$

BAB III

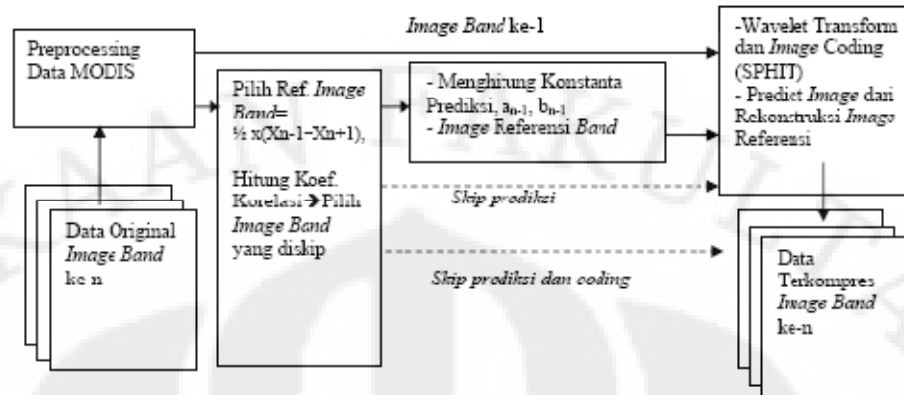
PERANCANGAN ALGORITMA PEMROGRAMAN DAN SIMULASI

Berdasarkan tujuan dan batasan penelitian yang telah dijelaskan pada Bab Pendahuluan, penelitian yang akan dilaksanakan adalah menguji dan menganalisis beberapa teknik kompresi yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Ayom Widipaminto di dalam tesisnya pada referensi[1], yaitu teknik kompresi citra gabungan antara prediksi linier antar *band* dan transformasi wavelet. Pengembangan yang dilakukan adalah menggunakan transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan multiwavelet Daubechies 10 yang akan dilanjutkan dengan LS 9/7. Sedangkan untuk prediksi linier antar *band* tetap menggunakan referensi yang dianjurkan pada [1] yaitu rata-rata *image band* terdekat.

3.1 Teknik Kompresi yang Telah Dikembangkan

Referensi [1] menggunakan teknik kompresi hybrid yang menggabungkan teknik reduksi redundansi data spektral dan spasial. Reduksi redundansi spektral menggunakan prediksi linier antar *band* tertentu dengan menggunakan berbagai macam referensi prediksi, dan reduksi spasial menggunakan transformasi wavelet berbasis LS 9/7 dan CDF 9/7 untuk analisa citra, dan teknik SPHIT sebagai *image coding*. Diagram blok untuk teknik kompresi data yang dilakukan oleh [1] dapat dilihat pada gambar 3.1. Besar koefisien korelasi akan tergantung dari kedekatan pola antara *band* referensi dengan *band* yang akan diprediksi. Berdasarkan karakteristik jumlah *band* pada data MODIS, dilakukan analisa terhadap *band-band* yang saling berkorelasi.

Dari gambar 3.1 juga dapat dilihat bahwa referensi [1] menggunakan prediksi linier antar *band* rata-rata terdekat dengan *skip band image*. *Skip image band* ini ada dua macam, yaitu *skip* prediksi dan *coding*. Jika *image band* hasil prediksi memiliki PSNR dibawah 40 dB, maka *image band* tersebut tidak akan di prediksi dan akan dikirimkan data yang aslinya.



Gambar 3.1 Diagram Blok Teknik Kompresi Pada Referensi ^[1]

3.2 Teknik Kompresi yang Dianalisis

Seperti yang telah disebutkan di awal Bab, penelitian kali ini akan menambahkan metode DCT dan DWT ke dalam algoritma teknik [1]. Untuk DWT, jenis wavelet yang digunakan adalah Daubechies 10 (db10). Koefisien transformasi dari db10 ini kemudian akan di rekonstruksi menjadi gambar sementara. Gambar itu kemudian kembali ditransformasikan dengan menggunakan wavelet LS 9/7 dan dilanjutkan dengan pengkodean dengan menggunakan SPIHT *coding*.

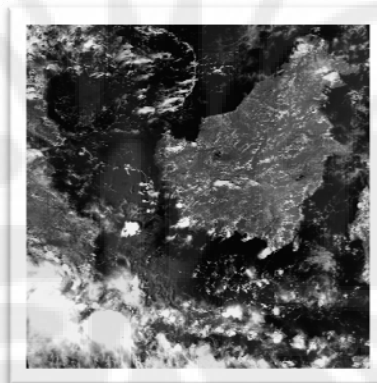
Langkah-langkah algoritma yang dilakukan dalam teknik yang akan dianalisis ini adalah:

- a) Pra pemrosesan data MODIS yang digunakan,
- b) Menghitung koefisien korelasi antar *image band*,
- c) Prediksi antar band dengan referensi rata-rata band terdekat,
- d) Transformasikan band dengan teknik kompresi spasial (transformasi wavelet dan DCT) untuk mendapatkan koefisien yang diinginkan,
- e) Untuk teknik kompresi dengan wavelet, selanjutnya koefisien hasil transformasi dikodekan dengan menggunakan metode SPIHT. Untuk teknik kompresi dengan DCT, koefisien akan dikuantisasi dengan kuantisasi skalar untuk mereduksi jumlah bit yang terkandung di dalamnya.

- f) Proses dekomposisi atau rekonstruksi citra hasil kompresi,
- g) Pengukuran PSNR, symmetry co-histogram, dan parameter-parameter hasil kompresi lainnya.

3.3 Simulasi Program

Simulasi dilakukan dengan menggunakan komputer DELL dengan spesifikasi prosesor Intel(R) Xeon(R) CPU X3370 @3.00 GHz, dan RAM 3.24 GB. Sampel data yang digunakan sebagai sampel adalah data MODIS level-1 yang telah dikoreksi *bow-tie* dan geografis. Ukuran sampel yang digunakan adalah 2048 x 2048 piksel dengan kuantisasi 8 bit per piksel. Pemilihan ukuran ini bertujuan untuk mendekati ukuran data MODIS yang sebenarnya yaitu 2805 x 4766 piksel, sehingga waktu proses kompresi juga mendekati waktu yang sebenarnya.



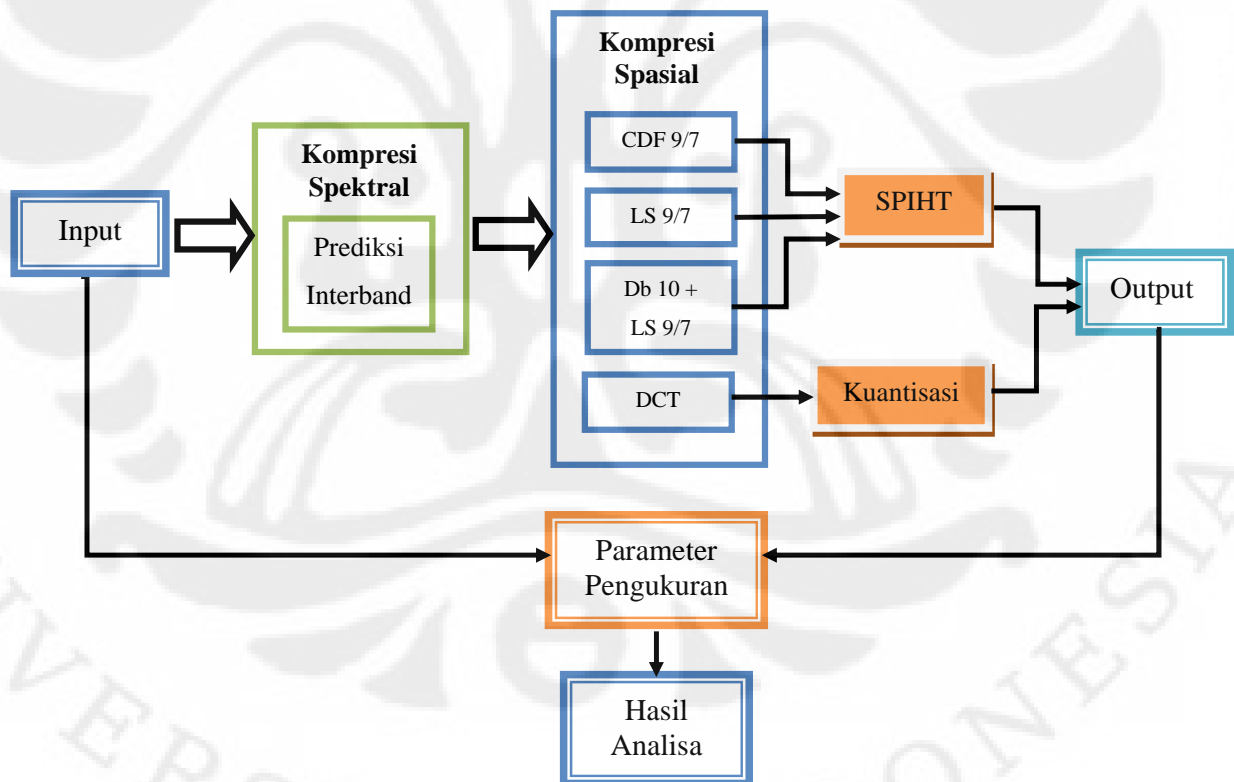
Gambar 3.2 Sampel Citra MODIS yang Digunakan Untuk Simulasi

Untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk analisis, dilakukan simulasi dalam beberapa modul. Modul-modul tersebut adalah:

- 1) Modul *pre-processing* data yang terdiri dari *Gaussian Low-Pass Filter*
- 2) Modul reduksi redundansi spektral yang terdiri dari :
 - a) menghitung koefisien antar *band*,
 - b) prediksi linier antar *band*.
- 3) Modul reduksi redundansi spasial yang terdiri dari :

- a) transformasi Wavelet LS 9/7,
 - b) transformasi Wavelet CDF 9/7,
 - c) transformasi Multiwavelet Daubechies 10 + LS 9/7,
 - d) transformasi Diskrit Kosinus,
 - e) modul SPIHT untuk transformasi wavelet.
- 4) Modul validasi dan pengukuran, perhitungan PSNR, dan grafik perbandingan.

Gambar 3.3. menampilkan diagram blok teknik kompresi yang akan dilakukan. Pertama-tama, rangkaian set data yang telah mengalami pra pemrosesan akan dikompresi secara spectral dengan *interband prediction*. Selanjutnya dilakukan transformasi dari citra menjadi urutan kode tertentu dengan menggunakan empat jenis metode seperti yang terlihat pada gambar.



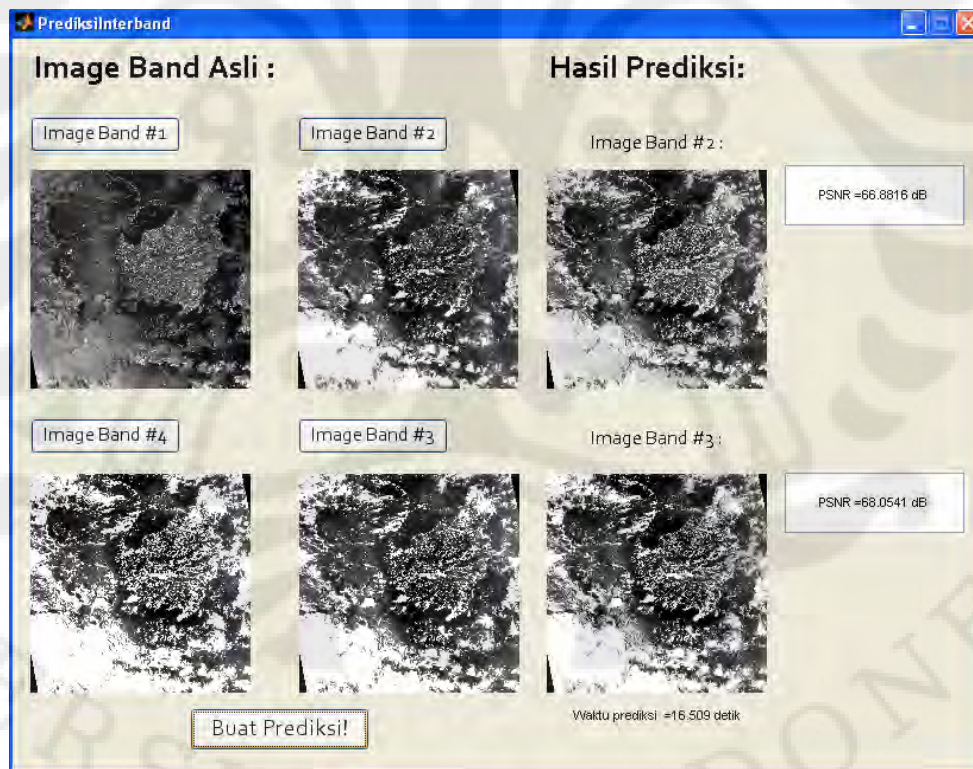
Gambar 3.3. Blok diagram pemrograman teknik yang dianalisis.

3.3.1 Kompresi Spektral



Gambar 3.4. Algoritma pemrograman *interband prediction*.

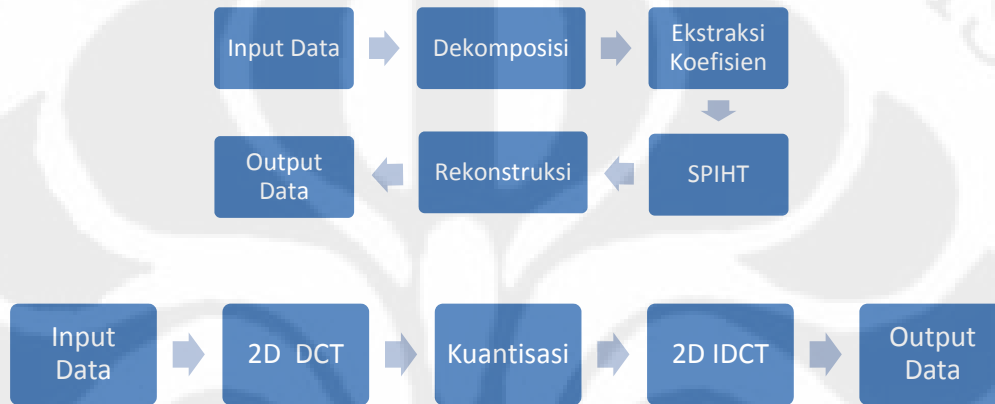
Algoritma pemrograman untuk kompresi spektral *interband prediction* ditunjukkan oleh **Gambar 3.4**. Terdapat beberapa tahap pada teknik kompresi ini, pertama-tama koefisien korelasi antar *band* dihitung dengan menggunakan perhitungan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Selanjutnya dilakukan prediksi suatu *image band* dengan menggunakan rata-rata nilai *image band* sebelum dan sesudahnya sebagai referensi. Tampilan program *interband prediction* dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



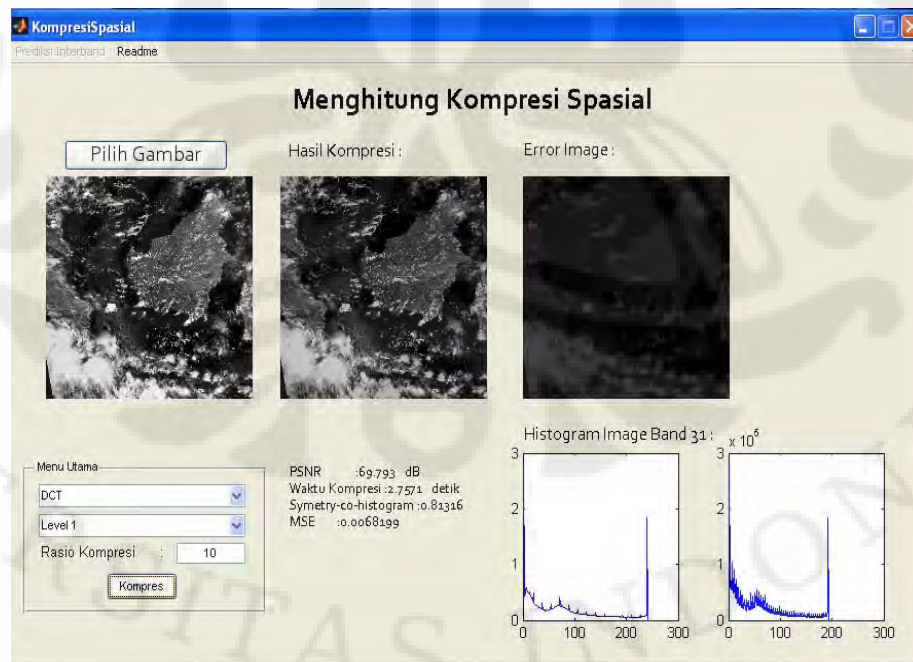
Gambar 3.5. Tampilan GUI untuk program *prediksi interband*.

3.3.2 Kompresi Spasial

Metode kompresi spasial menggunakan dua jenis transformasi yaitu transformasi wavelet dan kosinus (DCT). Kedua jenis transformasi ini memiliki algoritma yang berbeda. Algoritma tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.6**, sedangkan tampilan program untuk kompresi spasial ini dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.6 Algoritma kompresi spasial untuk kedua jenis transformasi. **Atas** : Transformasi wavelet, **Bawah** : Transformasi kosinus (DCT)



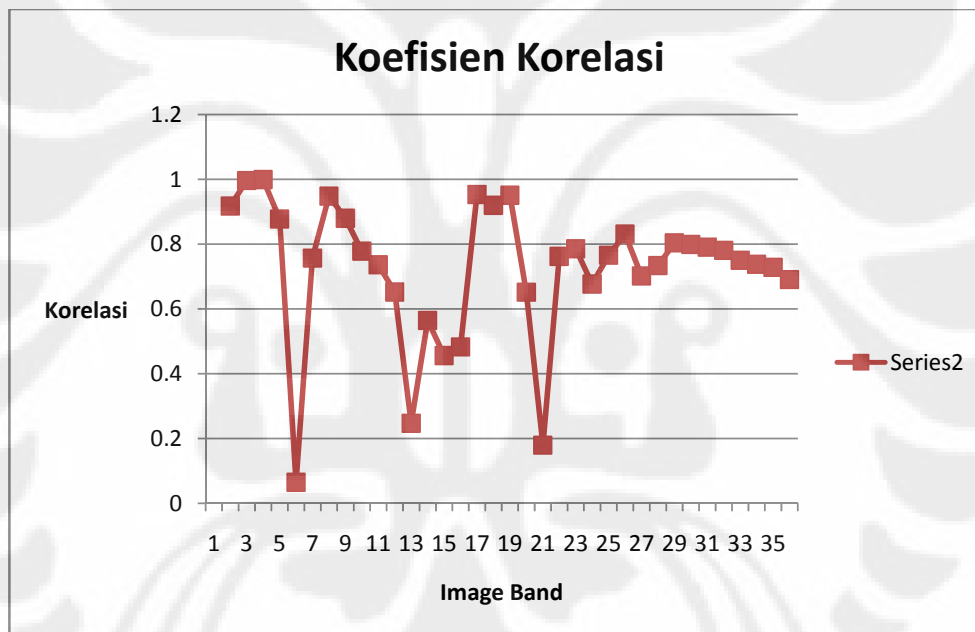
Gambar 3.7 Tampilan GUI untuk program kompresi spasial.

BAB IV

ANALISA HASIL SIMULASI

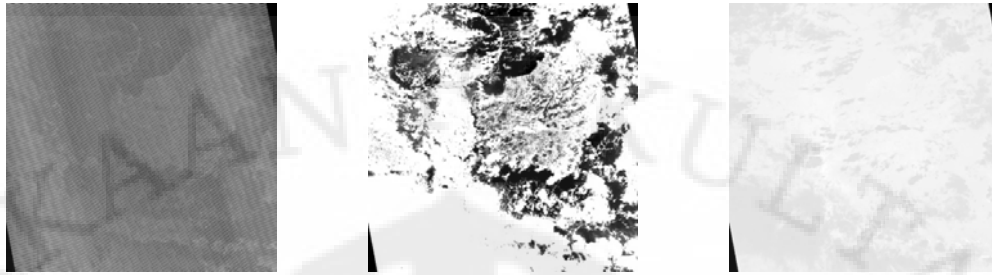
4.1 Koefisien Korelasi Antar *Band*

Langkah pertama yang dilakukan dalam simulasi ini adalah menentukan koefisien korelasi antar band. Hal ini bertujuan untuk mencari seberapa dekat hubungan antara *image band* yang satu dengan *image band* yang berada di dekatnya. Hasil penghitungan koefisien korelasi pada simulasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Grafik koefisien korelasi antara *image band* yang akan diprediksi dengan referensi rata-rata *image band* sebelum dan sesudahnya.

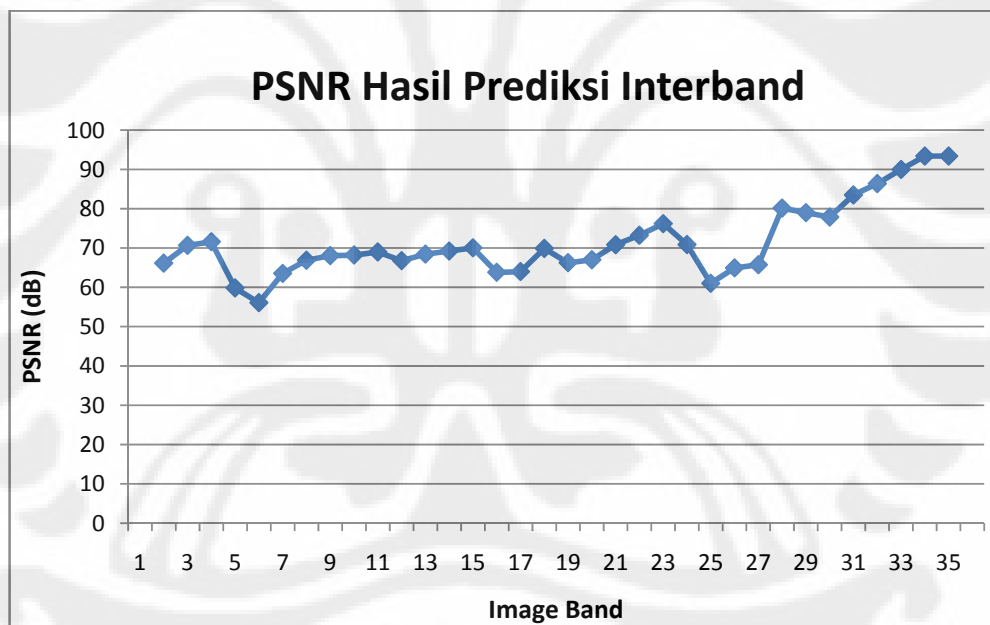
Dari **Gambar 4.1** terlihat bahwa nilai korelasi untuk beberapa *image band* sangat rendah yaitu di bawah 0.5, yaitu untuk *band* 6, 13, dan 21. Hal ini dikarenakan secara spektral *band-band* tersebut secara visual memang tidak terlalu mirip dengan *band* sebelum dan sesudahnya. Besarnya koefisien korelasi untuk *band* 6 adalah 0,064539436, koefisien korelasi untuk *band* 13 adalah 0,246887142, dan koefisien untuk *band* 21 adalah 0,179173461. Gambar asli dari ketiga *band* tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Citra asli *band* 6, 13, dan 21 yang memiliki koefisien korelasi rendah

4.2 PSNR Hasil Prediksi Antar *Band*

Hasil simulasi prediksi linier antar *band* dengan referensi rata-rata *image band* terdekat dapat dilihat dari **Gambar 4.3**.

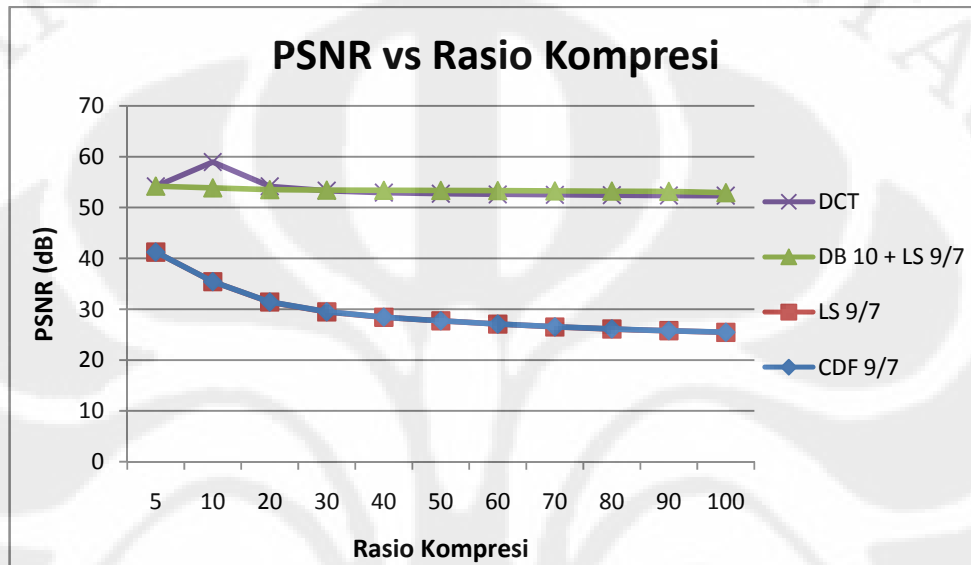


Gambar 4.3 Grafik PSNR dari *image band* yang telah diprediksi

Nilai PSNR berbanding terbalik dengan Mean Square Error (MSE) atau selisih kuadrat rata-rata citra original dan hasil kompresi. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas citra kompresi yang dihasilkan. Untuk simulasi kali ini, nilai PSNR hasil prediksi linier antar *band* cukup baik, yaitu rata-rata di atas 60 dB. Kecuali untuk *image band* 6 yang memang memiliki koefisien korelasi yang paling kecil di antara *band-band* yang lain.

4.3 PSNR vs Rasio Kompresi

Gambar 4.4 menunjukkan hasil simulasi keempat teknik kompresi yang dikembangkan dengan menggunakan level dekomposisi yang sama untuk transformasi wavelet (level 5).



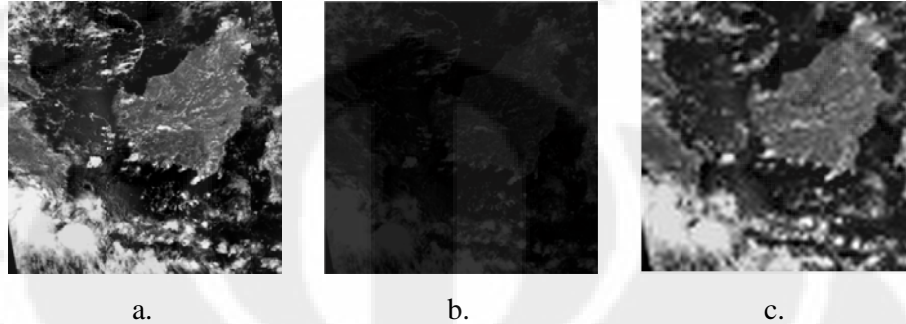
Gambar 4.4 Perbandingan PSNR dan CR keempat metode kompresi spasial

Pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa metode ketiga yaitu multi wavelet (DB 10 + LS 9/7) memberikan hasil PSNR yang jauh lebih baik dan stabil dibandingkan dengan metode wavelet lainnya, yaitu berkisar di atas 50 dB.

Gambar 4.4 juga menunjukkan PSNR hasil kompresi dengan menggunakan DCT cenderung konstan yaitu berkisar di atas 52 dB. Walaupun demikian, **Gambar 4.5** menunjukkan secara visual bahwa kualitas citra hasil kompresi dengan DCT tidak terlalu baik karena DCT membuang frekuensi tinggi, sehingga citra hasil kompresinya memiliki kecenderungan untuk menjadi semakin gelap setiap kali rasio kompresinya ditingkatkan.

Perbedaan kualitas hasil kompresi antara metode DCT dan multiwavelet juga dapat dilihat dari **Tabel 4.1** yang menunjukkan perbandingan PSNR dan SCH dari kedua metode. Terlihat dari tabel bahwa nilai SCH untuk metode DCT sangat buruk, yaitu tidak lebih besar dari 0.813159. Bahkan untuk rasio kompresi 5 nilai SCH-nya hanya 0.408034. Hal ini membuktikan bahwa citra hasil kompresi DCT memiliki tingkat kemiripan yang buruk dengan citra originalnya,

dan menegaskan bahwa teknik kompresi multi wavelet memberikan hasil kompresi yang paling baik diantara dengan ketiga metode lainnya.



Gambar 4.5 a. Citra sampel original, b. Citra sesudah kompresi DCT 50 : 1, c. Citra sesudah kompresi multi wavelet 50 : 1.

Tabel 4.1 Perbandingan nilai SCH untuk metode DCT dan multi wavelet.

CR	SCH	
	DCT	Multi Wavelet
5	0.408034	1,00000
10	0.813159	0,99999
20	0.792752	0,99990
30	0.753744	0,99999
40	0.726932	0,99999
50	0.712729	0,99997
60	0.684476	0,99991
70	0.679279	0,99989
80	0.677935	0,99981
90	0.659094	0,99970
100	0.669316	0,99942

Dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio kompresinya, semakin rendah nilai PSNR yang dihasilkan karena semakin banyak koefisien yang terbuang. Hilangnya koefisien ini menyebabkan selisih antara citra asli dan hasil rekonstruksi semakin besar, sehingga nilai PSNR juga akan

menurun. Hal inilah yang menyebabkan citra hasil rekonstruksi tidak dapat kembali seperti semula.

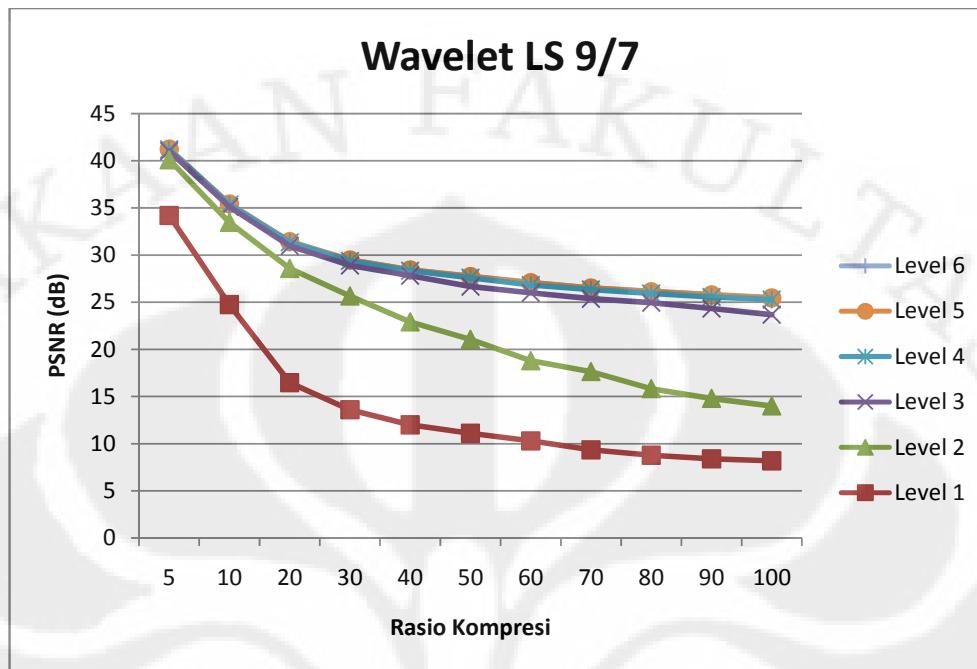
Tabel 4.2 Perbandingan PSNR dan Rasio Kompresi Untuk Keempat Metode

Rasio Kompresi	PSNR (dB)			
	CDF 9/7	LS 9/7	DB 10 + LS 9/7	DCT
5	41.2573	41.2514	54.2092	54.190713
10	35.4354	35.4285	53.8694	58.961925
20	31.4338	31.4272	53.5210	54.190713
30	29.5008	29.4824	53.4291	53.319211
40	28.4437	28.4289	53.3919	52.941325
50	27.7368	27.7302	53.3633	52.729432
60	27.0812	27.0768	53.3309	52.593704
70	26.5317	26.5098	53.2814	52.499289
80	26.139	26.1197	53.2400	52.429800
90	25.787	25.7773	53.1687	52.376512
100	25.4774	25.4559	52.9270	52.334347

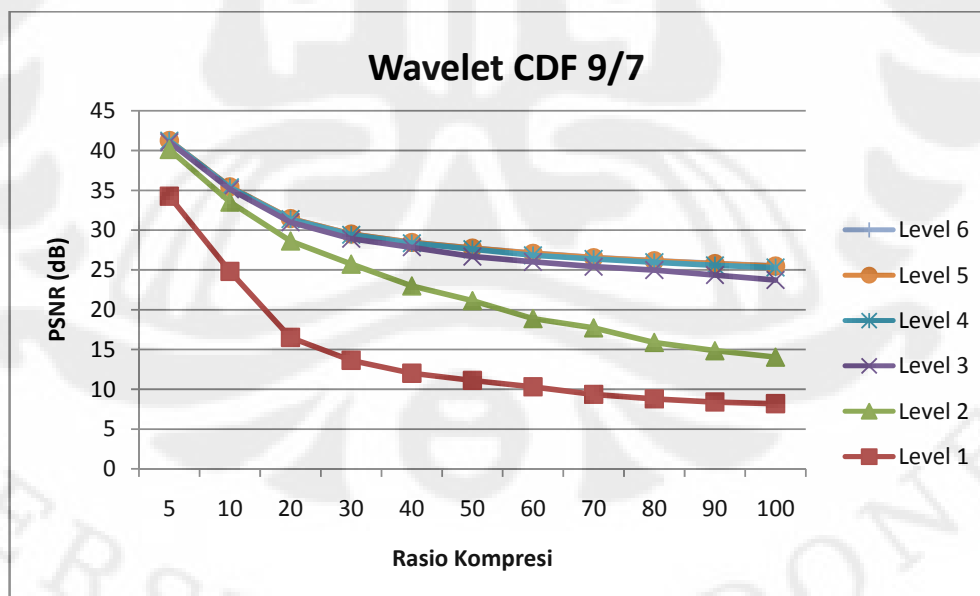
Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan komprehensif antara PSNR dan rasio kompresi untuk keempat metode. Warna merah menunjukkan nilai PSNR di bawah standar referensi [7] yaitu 40 dB. Menurut referensi [7], besar PSNR minimal yang masih dapat dikatakan baik adalah 40 dB. Untuk metode LS 9/7 dan CDF 9/7, PSNR 40 dB dapat diperoleh hingga rasio kompresi 20 kali atau 20 : 1. Sedangkan untuk multi wavelet PSNR lebih dari 50 dB dihasilkan oleh rasio kompresi hingga 100 kali. Dari hasil ini dengan kualitas citra yang masih baik, data MODIS dapat dikirim dengan ukuran yang lebih efisien yaitu menjadi 100 kali lebih kecil dengan menggunakan metode multi wavelet DB 10 + LS 9/7 dan level dekomposisi 5.

4.4 PSNR, Rasio Kompresi, dan Level Dekomposisi

Sub-bab ini akan mengamati dan membandingkan perubahan nilai PSNR terhadap rasio kompresi untuk setiap jenis transformasi wavelet. Selain itu akan diamati pula pengaruh level dekomposisi terhadap perubahan PSNR dan rasio kompresi. **Gambar 4.6 – 4.8** menunjukkan perubahan PSNR dan rasio kompresi untuk tiga jenis transformasi wavelet yang berbeda.



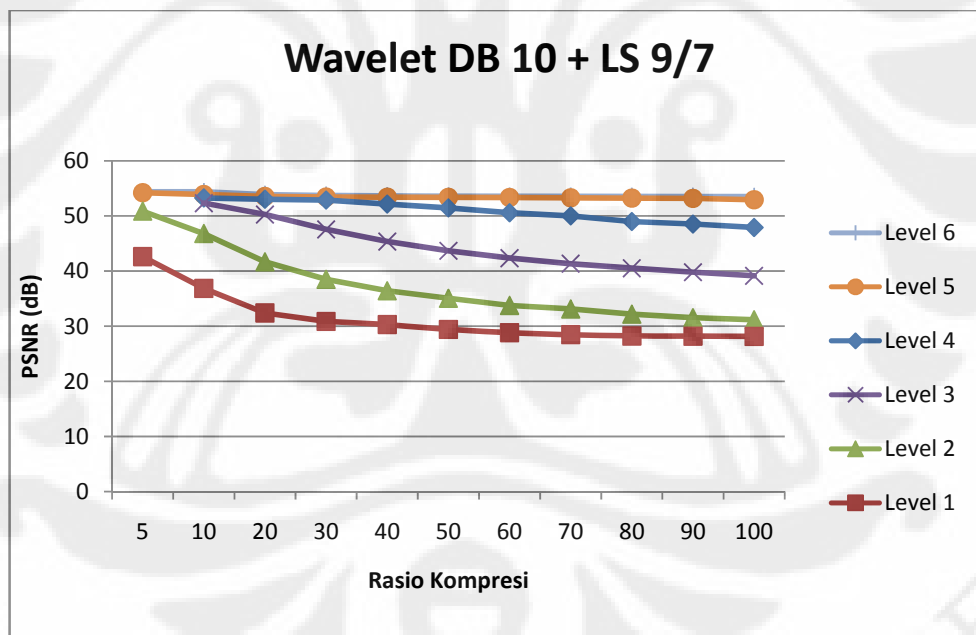
Gambar 4.6 Grafik PSNR, rasio kompresi, dan level dekomposisi untuk transformasi wavelet LS 9/7



Gambar 4.7 Grafik PSNR, rasio kompresi, dan level dekomposisi untuk transformasi wavelet CDF 9/7.

Gambar 4.6 menunjukkan grafik perbandingan PSNR dan rasio kompresi untuk setiap transformasi wavelet LS 9/7. Dapat dilihat pada gambar bahwa semakin tinggi level dekomposisi semakin besar nilai PSNR yang dihasilkan. Tetapi mulai dari level 3 hingga 6 nilai PSNR yang diperoleh cenderung stabil dan tidak berbeda jauh. Hal yang sama juga berlaku untuk wavelet CDF 9/7 pada **Gambar 4.7**, dimana perolehan PSNR cenderung stabil dan konstan untuk level dekomposisi tiga atau lebih.

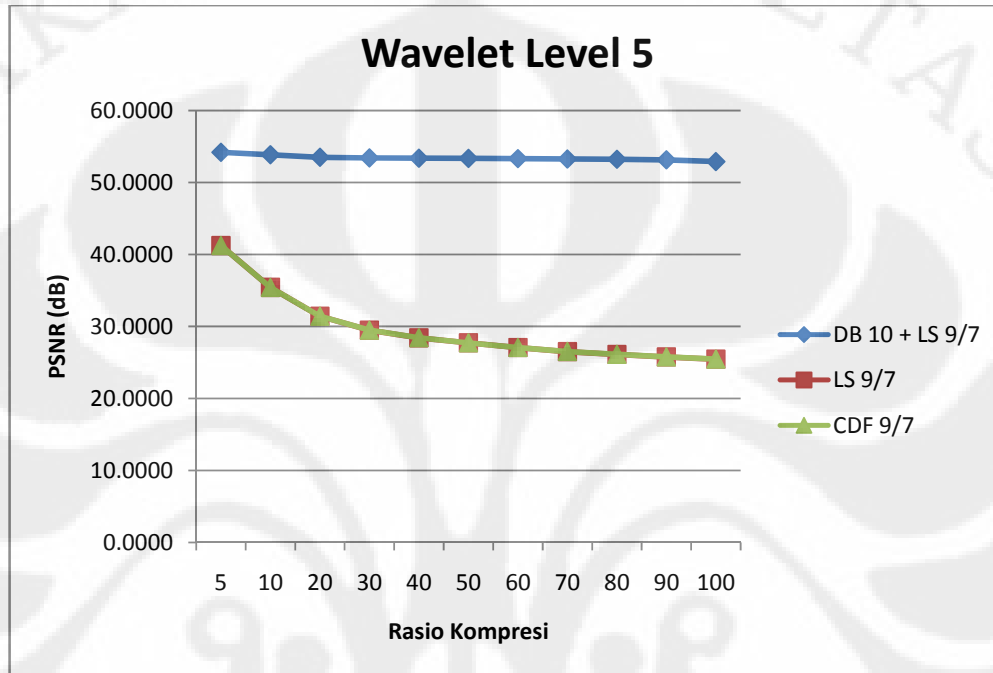
Sedangkan untuk transformasi multi wavelet kondisinya sedikit berbeda, dimana peningkatan PSNR menjadi tidak signifikan pada level 5 dan 6. Mulai dari level 5 pula nilai PSNR sudah stabil yaitu sekitar 53 dB seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Oleh karena itu, level dekomposisi yang disarankan pada penelitian ini adalah level 5 karena menghasilkan nilai PSNR yang lebih stabil.



Gambar 4.8 Grafik PSNR, rasio kompresi, dan level dekomposisi untuk transformasi multi wavelet DB 10 + LS 9/7.

Gambar 4.9 menunjukkan grafik perbandingan PSNR terhadap rasio kompresi dari ketiga jenis transformasi wavelet yang digunakan pada level dekomposisi 5. Dari gambar terlihat bahwa hasil kompresi menggunakan

transformasi wavelet ganda (DB 10 + LS 9/7) memberikan hasil yang paling baik di antara kompresi wavelet yang lainnya, yaitu berada di atas 50 dB.



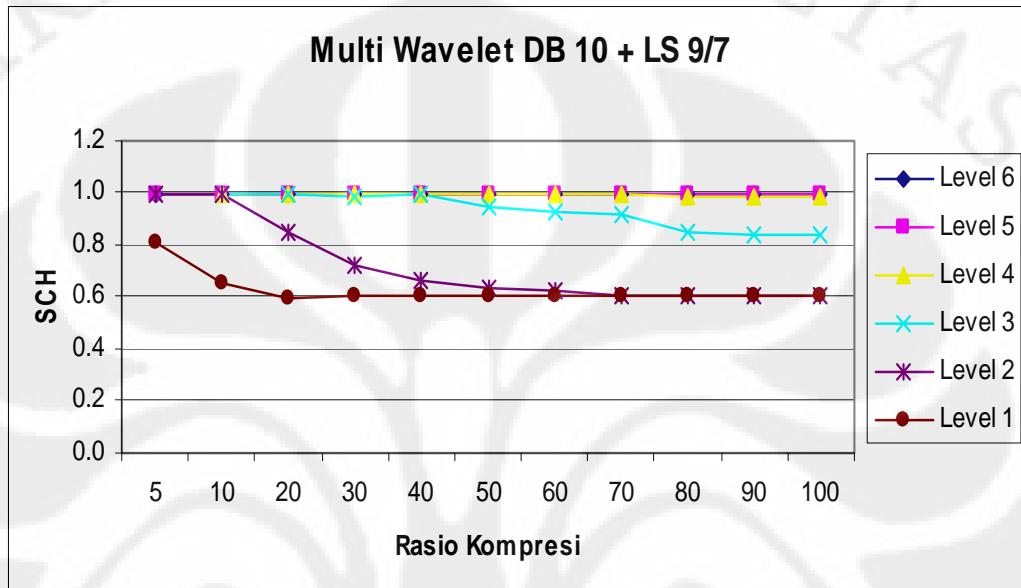
Gambar 4.9 Perbandingan PSNR dan rasio kompresi yang digunakan pada ketiga wavelet level 5

4.5 Symmetry Co-Histogram vs Rasio Kompresi

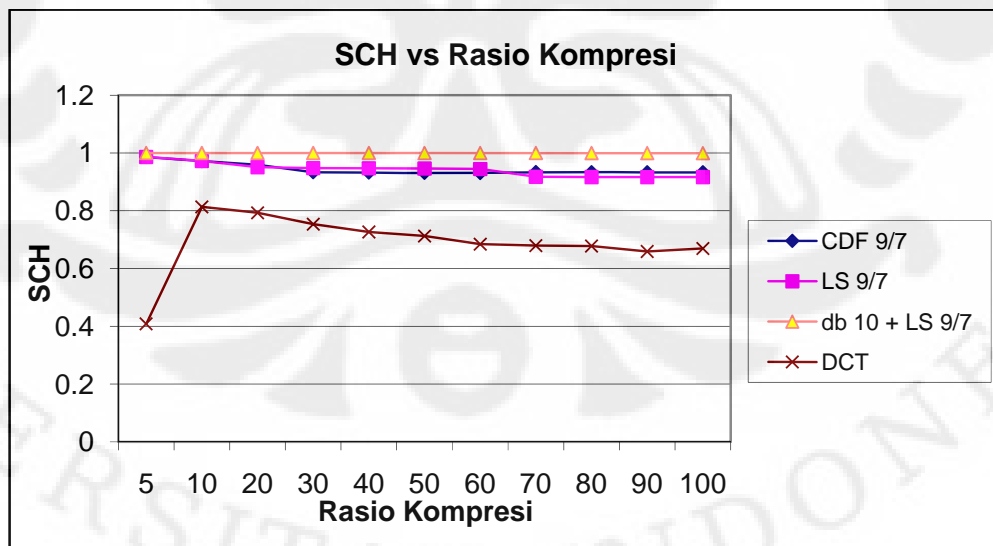
Symmetry co-histogram digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan dari dua buah citra, citra sebelum dan sesudah kompresi. **Gambar 4.10** menunjukkan perbandingan SCH dan rasio kompresi untuk multiwavelet level 5, dimana grafik menunjukkan bahwa level dekomposisi 1 memiliki SCH yang kurang baik yaitu sekitar 0.6. Sementara nilai SCH yang baik didapatkan oleh level dekomposisi 5 dan 6, yaitu sekitar 0.9. Semakin tinggi level dekomposisi semakin baik nilai SCH nya.

Dari **Gambar 4.11** terlihat hubungan antara SCH dan rasio kompresi untuk keempat metode, dengan menggunakan dekomposisi level 5 untuk transformasi wavelet. Semakin tinggi tingkat rasio kompresi semakin rendah nilai SCH. Hal ini sesuai dengan teori, karena semakin tinggi tingkat kompresi berarti

semakin banyak jumlah informasi yang terbuang. Akibatnya, kualitas citra hasil kompresi semakin menurun dan tingkat kemiripannya dengan citra original akan berkurang.



Gambar 4.10 Perbandingan SCH dan rasio kompresi untuk metode multiwavelet level 5.



Gambar 4.11 Perbandingan symmetry co-histogram dengan rasio kompresi keempat metode.

Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan nilai SCH untuk keempat metode. Dari tabel tersebut terlihat bahwa metode multiwavelet level 5 menghasilkan nilai SCH yang paling tinggi yaitu mencapai 1 untuk rasio kompresi 5. Oleh karena itu, berdasarkan pengukuran SCH, kualitas citra hasil kompresi dengan menggunakan metode multiwavelet paling baik bila dibandingkan dengan ketiga metode yang lain.

Tabel 4.3 Perbandingan nilai SCH untuk keempat metode.

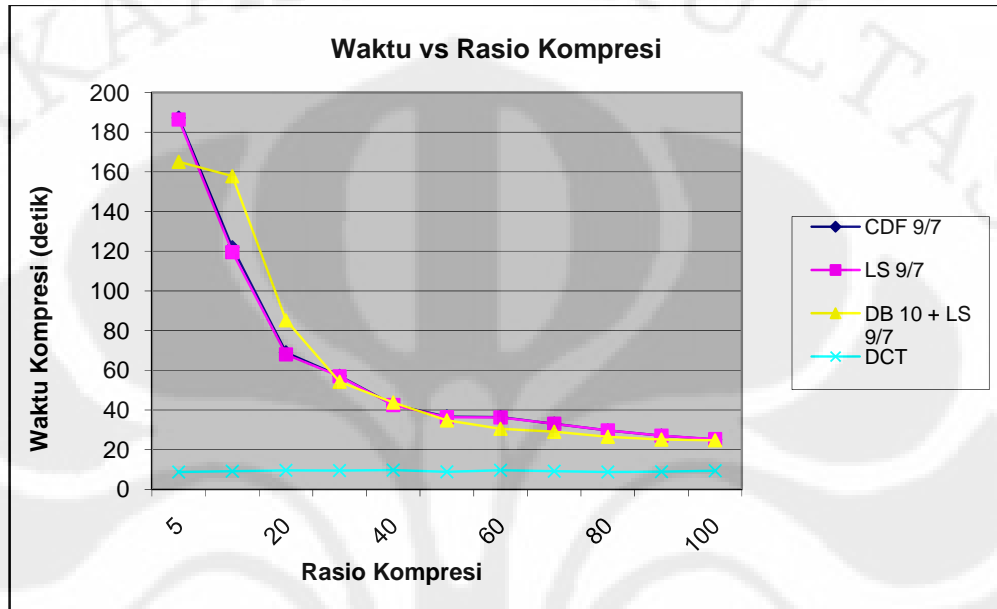
Rasio Kompresi	SCH			
	DCT	LS 9/7	CDF 9/7	Multiwavelet
5	0.408034	0.98621	0.98595	1.00000
10	0.813159	0.97234	0.9717	0.99999
20	0.792752	0.95107	0.9592	0.99990
30	0.753744	0.94774	0.93353	0.99999
40	0.726932	0.94715	0.93222	0.99999
50	0.712729	0.94636	0.93128	0.99997
60	0.684476	0.94472	0.93081	0.99991
70	0.679279	0.91784	0.93407	0.99989
80	0.677935	0.91677	0.93322	0.99981
90	0.659094	0.9166	0.93304	0.99970
100	0.669316	0.9168	0.93313	0.99942

Nilai SCH tidak tergantung oleh besarnya PSNR dan dapat dijadikan sebagai parameter pengukuran kualitas citra yang sangat baik. Analisa yang menggunakan PSNR dan SCH sebagai parameter akan menjadi lebih baik karena tidak hanya mengukur perbandingan antara gambar asli dan noise atau error, tetapi juga mengukur tingkat kemiripan antara kedua gambar.

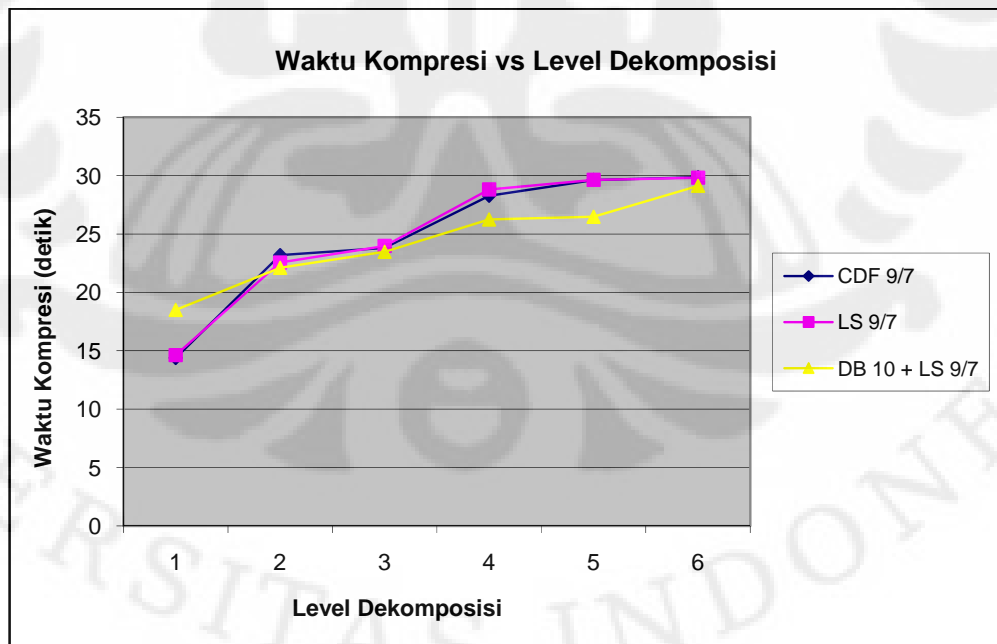
4.6 Analisa Waktu Kompresi

Sub-bab ini akan mengamati pengaruh perubahan rasio kompresi dan level dekomposisi terhadap waktu kompresi yang dibutuhkan. **Gambar 4.12** memperlihatkan bahwa semakin tinggi rasio kompresi, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi. Hal ini dikarenakan pada tingkat kompresi rasio yang rendah, ukuran bit informasi yang terkandung di dalam setiap

piksel semakin banyak, sehingga matriks yang digunakan dalam perhitungan juga semakin besar yang dapat memperlambat perhitungan.



Gambar 4.12 Perbandingan waktu vs rasio kompresi keempat metode.



Gambar 4.13 Perbandingan waktu vs level dekomposisi metode wavelet.

Tabel 4.4 Perbandingan waktu kompresi untuk keempat metode.

Rasio Kompresi	Waktu Kompresi (detik)			
	DCT	LS 9/7	CDF 9/7	Multiwavelet
5	8.693147	186.4012	187.3248	165.08860
10	9.042853	119.5193	121.9859	157.8520
20	9.553835	67.9782	68.9747	85.1926
30	9.434587	56.9311	57.1036	54.1699
40	9.678672	42.4379	42.627	43.7742
50	8.776729	36.3055	36.6615	34.7100
60	9.568816	36.1958	36.3974	30.4938
70	9.050943	33.0046	33.0306	28.9986
80	8.681923	29.6294	29.6293	26.4750
90	8.866866	26.9723	27.0312	25.0507
100	9.340840	25.2609	25.1103	24.7012

Gambar 4.13 menunjukkan perbandingan waktu kompresi dengan level dekomposisi. Gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk ketiga metode wavelet, hasil yang didapatkan seragam yaitu semakin tinggi level dekomposisi semakin besar waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi.

Tabel 4.4 menunjukkan perbandingan waktu kompresi untuk keempat metode kompresi. Dari table terlihat bahwa waktu kompresi untuk metode DCT sangat singkat yaitu tidak lebih dari 10 detik, karena DCT merupakan metode transformasi satu level sehingga proses kompuasinya juga tidak terlalu rumit. Sementara untuk ketiga transformasi wavelet terlihat bahwa perbedaan waktu kompresi yang terjadi tidak terlalu signifikan. Untuk metode multiwavelet waktu kompresinya tidak terlalu jauh berbeda dengan metode wavelet yang lain, walaupun pada metode ini dilakukan dua kali transformasi wavelet.

KESIMPULAN

1. Kompresi data citra MODIS dapat dilakukan dengan mengurangi redundansi spektral dan spasial. Redundansi spektral dapat dilakukan dengan metode *Interband Prediction*, sementara redundansi spasial dapat dilakukan dengan transformasi wavelet jenis LS 9/7, CDF 9/7, Daubechies 10 dan DCT.
2. Penambahan metode DCT dan Daubechies 10 ke dalam algoritma teknik *existing* bertujuan untuk membandingkan hasil kompresi citra pada data MODIS.
3. Koefisien korelasi yang didapatkan dari hasil simulasi digunakan sebagai acuan untuk melakukan prediksi linier antar band (*interband prediction*).
4. *Symmetry co-histogram* (SCH) dapat digunakan sebagai salah satu parameter pengukuran kualitas citra hasil kompresi pendukung PSNR.
5. PSNR yang diperoleh setelah dilakukan prediksi antar *band* cukup baik, yaitu berkisar di atas 50 dB sehingga kualitas citra hasil prediksi masih memenuhi syarat untuk diterapkan pada proses selanjutnya.
6. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa:
 - a. Semakin besar rasio kompresi, semakin kecil nilai PSNR yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk keempat metode kompresi yang diamati pada penelitian ini.
 - b. Semakin tinggi level dekomposisi transformasi wavelet, semakin baik nilai PSNR yang dihasilkan.
 - c. Level dekomposisi yang ideal untuk transformasi wavelet adalah level 5.
 - d. Peningkatan level dekomposisi berbanding lurus dengan peningkatan waktu kompresi dan *symmetry co-histogram*.
 - e. Metode kompresi multiwavelet memberikan hasil kompresi yang paling baik karena nilai PSNR yang stabil di atas 50 dB hingga rasio kompresi rasio 100.

DAFTAR ACUAN

- [1] Widipaminto, Ayom. Analisa Teknik Kompresi Data Satelit Penginderaan Jauh MODIS Menggunakan Interband Prediction dan Wavelet Transform. Tesis. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2008.
- [2] Yuan-Xiang Li, Li Deng, Zhongliang Jing, MODIS Image Compression with Optimal Inter-band Prediction and Integer Wavelet Transform, China.
- [3] Andrew Lenharth Richard E. Ladner, Scott Hauck Eve A. Riskin Agnieszka Miguel, Wavelet Compression of MODIS Satellite Images, Washington.
- [4] Sayood Khalid, Lossless Compression Handbook, Academic Press, E-Book Google, <http://www.w3.org/TR/html4>, akses terakhir 20 Oktober 2009.
- [5] Yeh, Pen-Shu, et al, The New CCSDS Image Compression Recommendation,
- [6] Rao, Ashok K., Multispectral Data Compression Using Bidirectional Interband Prediction, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34 No.2, March 1996.
- [7] Salomon, David. *Data Compression The Complete Reference, 3rd Edition*. Springer : New York. 2004
- [8] Campbell B. James, Introduction to Remote Sensing, New York, The Guiliford Press, 2008.
- [9] Guanjung Zhong, Lizhi Cheng, Huowang Chen, A Simple 9/7-TAP Wavelet Filter based on Lifting Schema, Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on, Volume: 2, On page(s): 249-252, Vol.2, 7-10 Oct 2001.
- [10] Du Qian, Chang Chein-I, Linier Mixture Analysis-Based Compression for Hyperspectral Image Analysis, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 42, No.4 Page(s): 875-891, April 2004.
- [11] Pengwei Hao, Chao Zhang, Anrong Dangs, Co-Histogram and Image Degradation Evaluation, A. Campilho, M. Kamel (Eds.): ICIAR 2004, LNCS 3211, pp. 195–203, 2004.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew Lenharth Richard E. Ladner, Scott Hauck Eve A. Riskin Agnieszka Miguel, *Wavelet Compression of MODIS Satellite Images*, Washington.

Campbell B. James, *Introduction to Remote Sensing*, New York, The Guiliford Press, 2008.

Salomon, David. *Data Compression The Complete Reference, 3rd Edition*. Springer : New York. 2004

Nelson, Mark, J.L. Gailly. *The Data Compression Book, 2nd Edition*. M&T Books: Cambridge.

Widipaminto, Ayom. *Analisa Teknik Kompresi Data Satelit Penginderaan Jauh MODIS Menggunakan Interband Prediction dan Wavelet Transform*. Tesis. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2008.