

## BAB II KOMPRESI DATA PENGINDERAAN JAUH

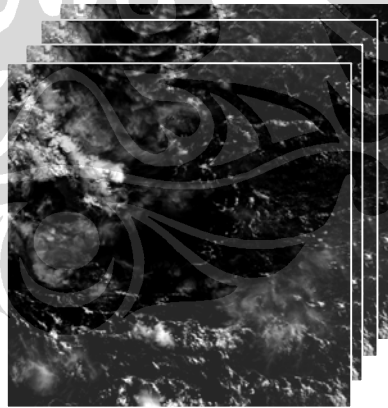
### 2.1 Data Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan teknik pengamatan permukaan bumi baik daratan maupun air dengan mengukur radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau diemisikan oleh permukaan bumi tersebut [10]. Pada pengukuran radiasi elektromagnetik penginderaan jauh, dipilih beberapa *range* frekuensi atau beberapa *band* spektrum. Pengukuran energi pada beberapa *band* frekuensi tersebut dilakukan dari jarak tertentu atau tanpa menyentuh obyek yang diukur [10]. Suatu obyek pada permukaan bumi akan dianalisa dan diidentifikasi berdasarkan respon *band-band* frekuensi tersebut (analisa spektral). Selain itu analisa juga dilakukan dari tampak visual *pixel-pixel image band* tersebut atau menganalisa bentuk spasial suatu obyek pada *image band* tersebut (analisa spasial) [10].

Data penginderaan jauh adalah data yang dihasilkan dari proses akuisisi oleh sensor penginderaan jauh yang terbagi dalam *band-band* frekuensi yang telah dipilih dan ditentukan sesuai aplikasi tertentu. Data penginderaan jauh terdiri dari *band-band* frekuensi dan masing-masing *band* tersebut akan direpresentasikan sebagai 1 (satu) *image*. Berdasarkan karakteristik satelit atau wahana pembawanya dan karakteristik sensor penginderaan jauh spesifikasi data penginderaan jauh adalah resolusi spektral, resolusi spasial dan resolusi temporal [10]. Resolusi spektral adalah seberapa banyak *band* frekuensi yang diukur, semakin banyak *band* maka akan semakin banyak obyek yang dapat diidentifikasi. Resolusi spasial adalah ukuran *pixel* pada *image* yang merepresentasikan ukuran obyek sebenarnya. Semakin kecil ukuran *pixel* maka semakin detail obyek dapat diamati. Resolusi temporal adalah seberapa cepat data akan mengakuisisi obyek permukaan bumi pada lokasi yang sama. Resolusi temporal ditentukan oleh spesifikasi sensor dan spesifikasi orbit satelit yang membawa sensor penginderaan jauh yang mengakibatkan akuisisi data akan kembali pada suatu posisi tertentu. Fungsi dari resolusi temporal adalah untuk pengamatan atau analisa monitoring multi temporal suatu wilayah.

Berdasarkan jumlah *band* frekuensi yang diukur data penginderaan jauh dapat dikategorikan *multispektral* dan *hyperspektral*. Dan berdasarkan resolusi spasial data penginderaan jauh dapat dibagi menjadi data resolusi rendah ( $1 \text{ pixel} > 1 \text{ km}$ ), data resolusi menengah ( $5 \text{ m} < 1 \text{ pixel} < 1 \text{ km}$ ) dan data resolusi tinggi ( $< 5 \text{ m}$ ). Resolusi spasial paling tinggi saat ini adalah 1 m (Data IKONOS) dan hingga 0.6 m (Data Quickbird) [10]. Untuk 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 misal untuk pengamatan daerah kota atau hingga kabupaten. Data *multispektral* biasanya akan mengakuisisi *band-band visible* ditambah dengan tambahan *band* di daerah *infrared* misal Data Landsat-7 (8 *band*), SPOT -4 (4 *band*) Sedangkan pada data *hyperspectral* merekam range frekuensi yang lebar biasanya lebih dari ratusan. Salah satu jenis data satelit penginderaan jauh yang mempunyai jumlah *band* cukup banyak adalah data MODIS (36 *band*) [10]. Dari Gambar 3.1 dapat dilihat ilustrasi data penginderaan jauh MODIS yang terdiri dari 36 *band image* untuk satu daerah atau wilayah yang dipotret oleh sensor MODIS.

... s/d 36 Band



**Gambar 2.1 Ilustrasi Data Penginderaan Jauh MODIS**

Dari ilustrasi Data MODIS dan penjelasannya di atas maka dengan representasi tiap *band* dengan 1 (satu) *image*, maka ukuran Data MODIS cukup besar yaitu sekitar 2 GB untuk setiap data set yang terdiri dari 36 band dengan resolusi spasial 250 m, 500 m dan 1 km.

## 2.2 Teknik Kompresi Data Penginderaan Jauh yang Telah Dikembangkan

Dikarenakan data satelit penginderaan jauh pada prinsipnya adalah data pengukuran maka hasil kompresi data diharapkan tidak ada atau tanpa mengurangi kualitas data dibandingkan data asli (*original*). Oleh karena itu hasil pada penelitian yang telah dilakukan banyak dipilih teknik kompresi yang *lossless*. Pada umumnya semua data satelit penginderaan jauh sudah dikompres melalui *lossless compression* di *spacecraft*/satelit. Untuk data MODIS mempunyai opsi kompresi yang sesuai dengan standar *Consultative Committee for Space Data System* (CCSDS), yaitu merupakan format standar data satelit penginderaan jauh yang memungkinkan dapat *interoperability* antar stasiun bumi. Teknik kompresi CCSDS mengguna algoritma Rice dan juga termasuk dalam kategori *lossless compression*. Kompresi *lossless* yang umum dipergunakan untuk data penginderaan jauh adalah bzip, gzip atau lossless JPEG seperti telah dijelaskan pada [3]. Pada [3] juga dijelaskan teknik kompresi *lossless* dapat diajukan untuk menstandarkan format data yang akan di-*delivery* kepada user. Gambaran kebutuhan kompresi pada NASA adalah beban data flow yang cukup besar yaitu 89 GB/hari untuk salah satu jenis satelit EOS-Aqua. Hasil perbandingan kompresi untuk data Hiperspektral (AMSR, AMSU dan AVIRIS) dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini [3].

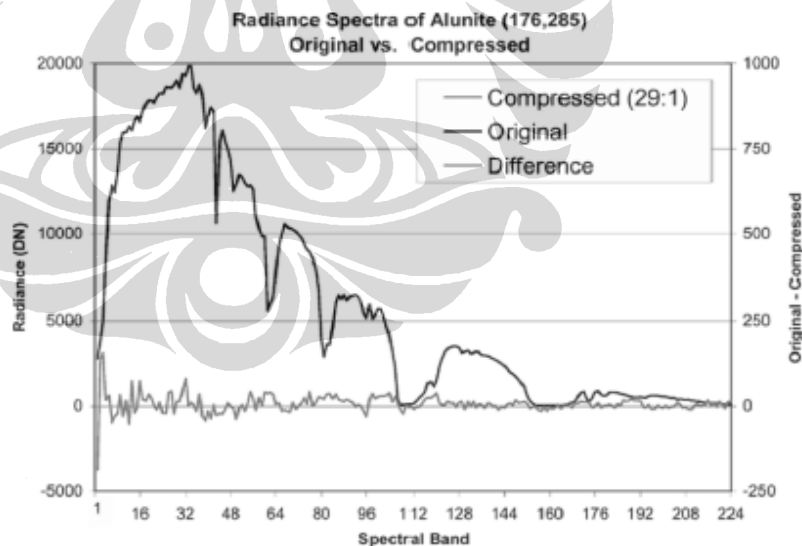
Tabel.2.1 Perbandingan hasil Kompresi untuk Data Penginderaan Jauh [4].

Compression Method	NEXRAD		USGS GTOPO30	
	Bit Rate (bits/pixel)	Compression factor	Bit Rate (bits/pixel)	Compression factor
PNG	0.13	62.32	3.18	5.02
TIFF	0.31	25.98	5.71	2.80
Lossless JPEG	1.04	7.69	3.52	4.55
JPEG-LS	0.08	97.69	2.29	7.44
JPEG2000	0.10	79.16	2.50	6.39
gzip -9	0.12	67.21	3.84	4.17
bzip2 -9	0.09	85.49	2.55	6.27
Compression Method	AMSR-E		AMSU-B	
	Bit rate (bits/pixel)	Compression factor	Bit rate (bits/pixel)	Compression factor
PNG	1.52	5.25	11.28	1.42
TIFF	2.95	2.71	16.14	0.99
Lossless JPEG	2.01	3.98	9.02	1.77
JPEG-LS	1.53	5.21	8.79	1.82
JPEG2000	2.14	3.75	8.94	1.79
gzip -9	2.14	3.74	12.27	1.30
bzip2 -9	1.43	5.58	10.04	1.59
Compression Method	AVIRIS			
	Bit Rate (bits/pixel)	Compression Factor		
PNG	9.69	1.65		
TIFF	16.14	0.99		
Lossless JPEG	7.60	2.11		
JPEG-LS	7.05	2.27		
JPEG2000	7.27	2.20		
gzip -9	10.44	1.53		
bzip2 -9	8.07	1.98		

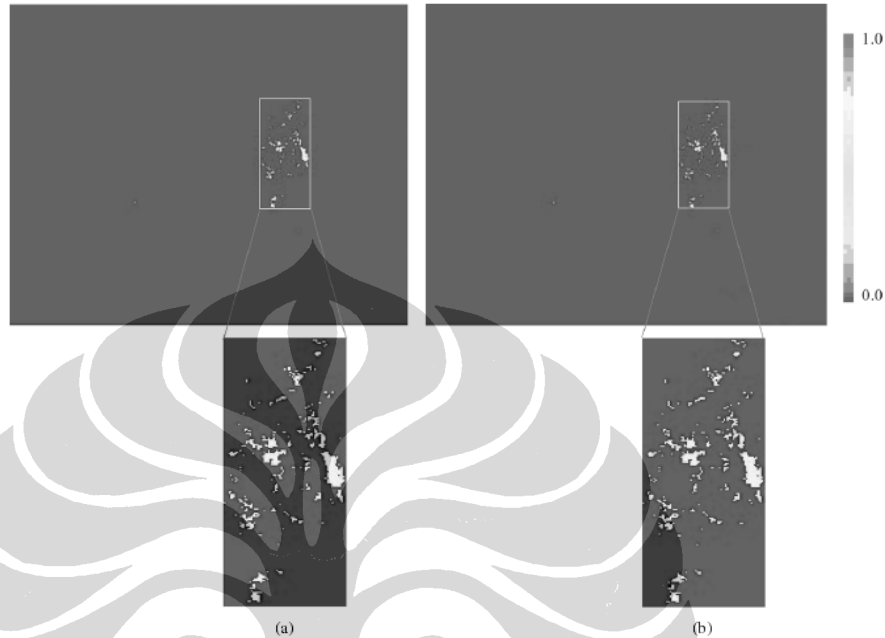
Dari Tabel 2.1 di atas dapat terlihat maksimum *compression ratio* untuk kompresi *lossless* data AMSR, AMSU dan AVIRIS sekitar 1.3 hingga 5.58. Dari hasil tersebut belum *significant* untuk mengurangi waktu *download* atau akses *on line* data yang terkompres via akses internet yang biasa (512 Mbps). Untuk itu dibutuhkan teknik kompresi *lossy* sehingga diperoleh hasil kompresi rasio yang lebih *significant*.

Daerah Indonesia termasuk daerah tropis, dan untuk tipe data satelit dari sensor optik hal ini mengakibatkan data yang direkam biasanya mempunyai liputan awan yang cukup dominan dan untuk musim tertentu liputan awan tersebut sangat dominan. Salah satu penelitian tentang teknik pemampatan data hiperspektral adalah dengan mengekstrak *cloud mask* dan mengkompres data yang sudah di-*masking* [5]. Untuk aplikasi pengamatan permukaan bumi liputan awan tentu tidak dibutuhkan sehingga untuk aplikasi tersebut liputan awan dapat dihilangkan.

Data hiperspektral mempunyai jumlah kanal spektrum yang banyak (MODIS 36 kanal), masing-masing kanal akan direpresentasikan tiap scene *image*. Jika kanal-kanal tersebut saling berdekatan memungkinkan untuk memprediksi *pixel* pada kanal lain sebagai kanal referensi hal ini diajukan sebagai teknik *interband* prediction [6]. Selain itu juga dipropose Kompresi untuk Data Hiperspektral dengan Algoritma Kuantisasi Vektor [7], selain yang tidak kalah pentingnya adalah memvalidasi data hasil dari kompresi, pada [7] selain *dibandingkan* PSNR juga melihat Profil spektrum sebelum dan sesudah kompresi dan berkaitan dengan aplikasi segmentasi area atau informasi yang diturunkan dari data *dibandingkan* sebelum dan sesudah kompresi Hasil kompresi dengan menggunakan algoritma kuantisasi vektor cepat (*fast vector quantization algorithm*) dengan kompresi rasio 29:1 spektral angle dari data sebelum dan sesudah terkompresi  $-0.003$  rad ( $0.17^\circ$ ), atau selisih *radianse* sebelum dan sesudah sangat kecil [6]. Hasil kompresi dengan algoritma kuantisasi vektor cepat dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Profil spectral sample data sebelum dan sesudah kompresi (29:1) [7]

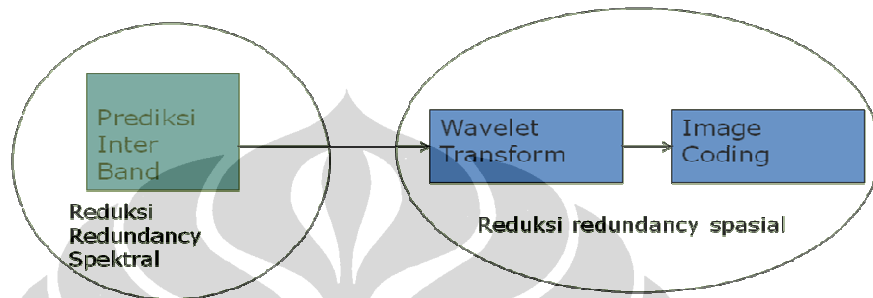


**Gambar 2.3. Klasifikasi Area daerah Cuprite a. *Image* original, b. *Image* hasil kompresi (29:1) [7].**

Selain teknik pemampatan di atas saat ini teknik kompresi yang sering dipakai untuk data satelit penginderaan jauh atau pada industri *Geographic Information System* (GIS) adalah JPEG 2000 dan Enhancement Compression Wavelet (ECW), yaitu teknik kompresi yang sudah menggunakan transformasi wavelet. Dari spesifikasinya JPEG 2000 support 28 bit per *band* dan lossless sehingga lebih sesuai untuk mendapatkan kualitas data terkompresi dibandingkan ECW [11].

Teknik kompresi data penginderaan jauh yang cukup baru adalah menggabungkan prinsip reduksi redundansi spektral dan spasial. Teknik kompresi ini dikenal dengan teknik kompresi hybrid seperti telah dijelaskan pada [8]. Reduksi redundansi spektral dilakukan dengan memprediksi *image band* dari suatu referensi *image band* yang lain. Sehingga dengan mengirimkan *image* referensi dan koefisien-koefisien prediksi dapat mengurangi ukuran file data.

Sedangkan reduksi redundansi spasial dilakukan dengan menkodekan *image* (*image coding*). *Image coding* dilakukan dengan meng-*encode* konstanta-konstanta transformasi *wavelet*. Sehingga redundansi data dapat dianalisis lebih efektif. Proses teknik kompresi data *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar 2.4 Teknik Kompresi Hybrid**

Dengan mengkombinasikan dua skema reduksi redundansi spektral dan spasial maka diharapkan ukuran data hasil kompresi akan lebih kecil. Data yang dikirim adalah data *image band* yang ter-*encode* dan koefisien-koefisien prediksi. Pada [8] teknik kompresi data penginderaan jauh menggunakan linier *interband* prediksi untuk mereduksi redundansi spektral. Sedangkan untuk reduksi redundansi spasial digunakan *Integer Wavelet Transform* dan *Set Partitioning in Hierarchical Tree* (SPIHT) untuk *image coding*. Sesuai dengan ilustrasi Gambar 2.3 di atas proses kompresi hybrid [8] dilakukan sekuensial yaitu memprediksi *image band* dan kemudian mengkodekan sehingga menjadi data terkompres.

Dalam skema reduksi redundansi spasial seperti diilustrasikan pada Gambar 2.1 terdiri dari 2 proses yaitu proses analisis dan proses pengkodean (*image coding*). Analisis dilakukan untuk merepresentasikan *image* sehingga redundansi data dapat mudah dianalisis. Pada [8] wavelet transform yang digunakan adalah wavelet transform Cohen-Deubachies-Franau (CDF) dengan spesifikasi filter dekomposisi dan analisis *biorthogonal 9/7*.

### 2.3 Interband Prediction

*Interband Prediction* adalah metode untuk meramalkan *image* suatu *band* dari data yang terdiri dari beberapa kanal/*band image* berdasarkan referensi *image band* yang lain. Pada [8] untuk meramalkan suatu *image band* tertentu menggunakan persamaan linier berdasarkan *band* sebelumnya. Konstanta-konstanta dari persamaan linier tersebut diturunkan dari kondisi *Mean Square Error* (MSE) atau error antara *image band* original dengan *image band* hasil prediksi yang minimum. Ilustrasi prediksi linier dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Persamaan prediksi *image band* ke- $n$  dari *image band* referensi ke  $n-1$  dengan konstanta  $a_{n-1}$  dan  $b_{n-1}$ .

$$\tilde{x}_{n,i,j} = a_{n-1}x_{n-1,i,j} + b_{n-1} \dots \quad (2.1)$$

2. 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, atau kondisi  $MSE = 0$  , seperti dilustrasikan persamaan (2.2), (2.3) dan (2.4) dibawah ini.

$$MSE \sigma_n^2 = E \{ (x_{n,i,j} - \tilde{x}_{n,i,j})^2 \} \dots \quad (2.2)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{n,i,j} - a_{n-1}x_{n-1,i,j} - b_{n-1})^2 \dots \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_n^2}{\partial a_{n-1}} = -2[r(n, n-1) - a_{n-1}r(n-1, n-1) - b_{n-1}u(n-1)] = 0 \\ \frac{\partial \sigma_n^2}{\partial b_{n-1}} = -2[u(n) - a_{n-1}u(n-1) - b_{n-1}] = 0 \end{cases} \dots \quad (2.4)$$

Dari persamaan (2.4)  $a_{n-1}$  dan  $b_{n-1}$  dapat diturunkan dan dapat dituliskan seperti pada persamaan (2.5).

$$\begin{cases} a_{n-1} = \left[ \frac{r(n, n-1) - u(n-1)u(n)}{r(n-1, n-1) - u^2(n-1)} \right] \\ b_{n-1} = [u(n) - a_{n-1}u(n-1)] \end{cases} \dots \quad (2.5)$$



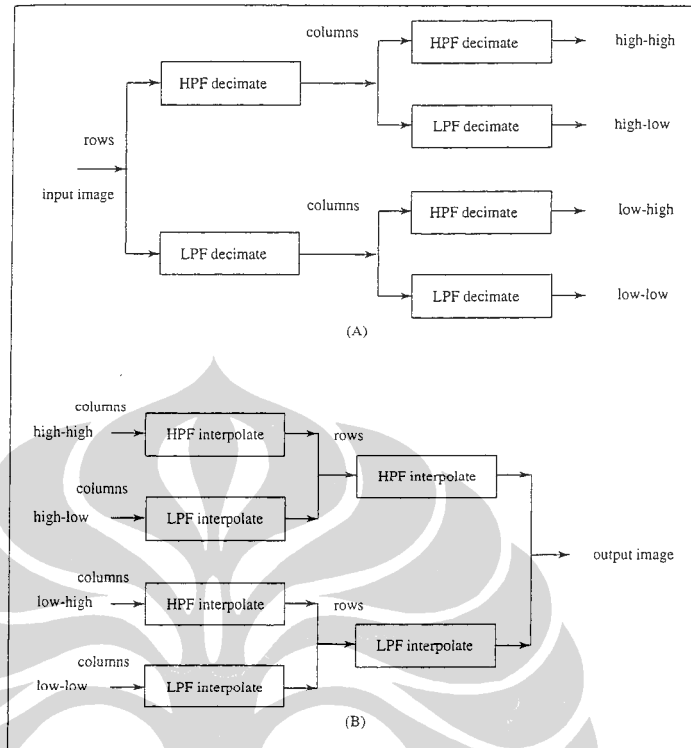
Dimana  $r(k,l)$  dan  $u(k)$  adalah rata-rata dari perkalian antara *image band* ke- $k$  dan ke- $l$ , dan  $u(k)$  adalah rata-rata *image band* ke- $k$ , dapat dituliskan seperti pada persamaan (2.6).

$$\begin{aligned} r(k, l) &= \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{k,i,j} x_{l,i,j} \\ u(k) &= \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{k,i,j} \end{aligned} \quad \dots \quad (2.6)$$

Dari persamaan (2.5) dan (2.6) dapat dihitung konstanta untuk memprediksi *image band* ke- $n$  dari *image referensi band* ke- $(n-1)$ . Dengan menghitung konstanta prediksi  $a_{n-1}$  dan  $b_{n-1}$  dari rata-rata perkalian antara *image band* ke- $n$  dan ke- $(n-1)$  seperti pada persamaan (2.6) maka *image prediksi band* ke- $n$  dapat dihitung dengan persamaan prediksi linier seperti pada persamaan (2.1).

#### 2.4 Integer Wavelet Transform (IWT)

Transformasi wavelet mengatasi kelemahan dari transformasi *Fourier* sehingga dapat menganalisis sinyal dalam domain waktu dan frekuensi secara bersamaan. Representasi transformasi *wavelet* tergantung dari *mother wavelet*-nya sebagai fungsi basis yang mengalami dilatasi dan translasi. *Mother wavelet* tersebut harus memenuhi sifat yang dikemukakan oleh Daubechies 1988, Grosman dan Morlet 1984), yaitu mempunyai energi yang terbatas dan beresilasi sehingga integrasi totalnya adalah nol. Fungsi *mother wavelet* dikenal sesuai dengan penemunya, misalnya Harr, Debaucies dll [18]. Representasi transformasi *wavelet* 2 dimensi dapat dijelaskan pada Gambar 2.5. Transformasi wavelet dapat direpresentasikan sebagai empat *filter bank* dan desimasi untuk analisis/dekomposisi yang menghasilkan 4 (empat) *subband coding*. Sedangkan untuk transformasi kebalikannya digunakan *filter* sintesis dengan interpolasi [18].



**Tabel 2.5 Representasi Transformasi *wavelet* sebagai *filter bank* untuk *subband image coding* [18 ]**

Koefisien-koefisien filter pada Gambar 2.5 merupakan representasi dari *mother wavelet* yang digunakan untuk mentransformasi *image* input. Sehingga dengan mengkonvolusi koefisien-koefisien *filter* tersebut dengan *pixel-pixel* suatu *image* dan mendesimasi hasil *filter* tersebut maka suatu *image* dapat direpresentasikan dalam domain *wavelet* atau didapatkan *subband image coding*.

*Integer Wavelet Transform* merupakan transformasi *wavelet* seperti yang telah dijelaskan pada [8] menggunakan transformasi *wavelet biorthogonal* dengan *wavelet* basis seperti dapat dilihat pada persamaan (2.7) di bawah ini.

9/7 wavelet basis:

$$\begin{cases} d_{1,l}^{(1)} = s_{0,2l+1} + \left[ \alpha(s_{0,2l} + s_{0,2l+2}) + 1/2 \right] \\ s_{1,l}^{(1)} = s_{0,2l+1} + \left[ \beta(d_{1,l}^{(1)} + d_{1,l-1}^{(1)}) + 1/2 \right] \\ d_{1,l} = d_{1,l}^{(1)} + \left[ \gamma(s_{1,l}^{(1)} + s_{1,l+1}^{(1)}) + 1/2 \right] \\ s_{1,l} = s_{1,l}^{(1)} + \left[ \delta(d_{1,l} + d_{1,l-1}) + 1/2 \right] \end{cases} \dots \quad (2.7)$$

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

Konstanta  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  diperoleh dari perhitungan seperti dijelaskan pada [12] :  
 Persamaan fungsi basis wavelet di atas akan menentukan konstanta-konstanta *filter* untuk dekomposisi dan sintesis sinyal, 9 berarti *lowpass filter* dekomposisi mempunyai 9 tap atau 9 koefisien dan 7 berarti *lowpass filter* untuk sintesis mempunyai 7 koefisien. Sedangkan untuk high filter seperti halnya karakteristik *wavelet biorthogonal* dapat diperoleh dengan *wavelet basis low pass filter* di atas dengan mengkalikan *lowpass filter* dengan  $(-1)^n$  dapat dilihat seperti pada persamaan (2.8) dibawah ini.

$$\begin{aligned} h_1[n] &= (-1)^n \bar{h}_0[1-n] \\ \bar{h}_1[n] &= (-1)^n h_0[1-n] \dots \end{aligned} \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.8) high pass filter untuk dekomposisi didapatkan dari *low pass filter* sintesis demikian juga kebalikannya untuk *high pass filter* sintesis didapatkan dari *lowpass filter* dekomposisi. Dari persamaan (2.7) dan sesuai yang telah dipaparkan pada [12] koefisien *low pass filter* untuk dekomposisi dan sintesis dapat diturunkan dan dihitung dengan persamaan (2.9), (2.10) dan (2.11).

$$\begin{cases} \beta = -\frac{1}{4(1+2\alpha)^2} \\ \gamma = \frac{-1-4\alpha-4\alpha^2}{1+4\alpha} \\ \delta = \frac{1}{16} \left( 4 - \frac{2+4\alpha}{(1+2\alpha)^4} + \frac{1-8\alpha}{(1+2\alpha)^2} \right) \dots \\ \zeta = \frac{2\sqrt{2}(1+2\alpha)}{1+4\alpha} \end{cases} \quad (2.9)$$

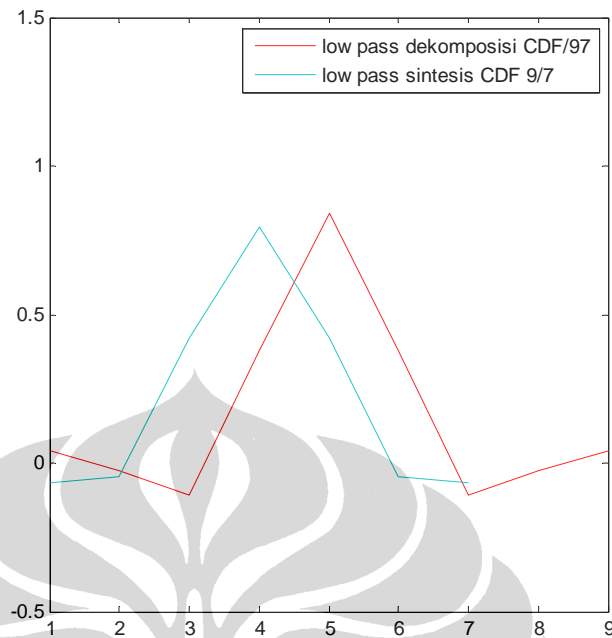
$$\begin{cases} \alpha = -1.5861343420\dots \\ \beta = -0.0529801185\dots \\ \gamma = 0.8828110755\dots \\ \delta = 0.4435068520\dots \\ \zeta = 1.1496043988\dots \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\begin{cases} h_0 = (1 + 2\alpha\beta + 2\alpha\delta + 2\gamma\delta + 6\alpha\beta\gamma\delta)\zeta \\ h_1 = (3\beta\gamma\delta + \beta + \delta)\zeta \\ h_2 = (\alpha\beta + \alpha\delta + \gamma\delta + 4\alpha\beta\gamma\delta)\zeta \\ h_3 = \beta\gamma\delta\zeta \\ h_4 = \alpha\beta\gamma\delta\zeta \\ g_0 = (2\beta\gamma + 1) / \zeta \\ g_1 = -(3\alpha\beta\gamma + \alpha + \gamma) / \zeta \\ g_2 = \beta\gamma / \zeta \\ g_3 = -\alpha\beta\gamma / \zeta \end{cases} \quad (2.11)$$

Dari persamaan (2.11) koefisien-koefisien *filter biorthogonal* wavelet CDF 9/7 dapat dihitung dan dirangkum pada Tabel 2.2. Dan koefisien-koefisien ini akan merepresentasikan mother wavelet untuk wavelet biorthogonal 9/7 CDF dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Tabel 2.2 Koefisien Filter Wavelet CDF 9/7

Wavelet	Filter	Jumlah Tap/Koefisien	Koefisien
CDF 9/7	h0	9 (start indek -4)	0.85257100018
	h1		0.37741095933
	h2		-0.11069252835
	h3		-0.02384676377
	h4		0.03782417096
	g0	7 (start indek -3)	0.78849483360
	g1		0.41820118915
	g2		-0.04068480903
	g3		-0.06453157280



Gambar 2.6 Koefisien Low pass Filter CDF 9/7

#### 2.4 Set Partitioning in Hierarchical Tree (SPIHT)

Skema *Image Coding* yang digunakan pada [8] adalah *Set Partitioning in Hierarchical Tree* (SPHIT). SPIHT merupakan teknik *image coding* yang mengurutkan koefisien transformasi *wavelet* dengan struktur tree piramid. Secara natural energi suatu *image* akan terkonsentrasi pada komponen frekuensi rendah. Sehingga energi akan turun pada frekuensi yang lebih tinggi. Dan karakteristik urutan besarnya koefisien antar *subband* hampir sama. Sehingga berdasarkan hal ini dengan mengurutkan koefisien *wavelet* sesuai orientasi spasialnya sehingga tidak perlu mengurutkan semua data. Orientasi spasial akan membentuk *tree piramid* seperti yang telah dijelaskan pada [15]. Contoh *tree* urutan koefisien *wavelet* dapat dilihat pada Gambar 2.7 [15].

