

PENGEMBANGAN TEKNIK KOMPRESI *HYBRID* UNTUK DATA PENGINDERAAN JAUH MODIS

Ayom Widipaminto

Perekayasa Bidang Pengembangan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN
e-mail: ayomwidi@yahoo.com

ABSTRACT

Development on Remote Sensing field requires an optimal data compression technique to result high compression ratio but prevent data quality, so the data still be accepted on application remote sensing. One of the newest compression technique is hybrid compression that combine the reduction spectral redundancy and the reduction spatial redundancy. On this research will propose the improvement of hybrid technique compression for multiband MODIS data which developed by Yuan-Xiang Li, et.al (IEEE 2007). The improvement is by selecting better reference band for band prediction, skip the prediction band for unpredictable band and propose to use higher decomposition wavelet level will get better the compression performance. The Simulation result is the linier interband prediction with skip band will get the high value of PSNR (40 dB) and high compression ratio (80). The result of the compression will be used for remote sensing application of the MODIS data, specially for global earth observation.

Key word: *Compression, Hybrid, Prediction, Image,band, Wavelet, MODIS, PSNR, Symetry co-histogram*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada bidang penginderaan jauh (inderaja) membutuhkan teknik kompresi data yang optimal yaitu menghasilkan kompresi rasio yang tinggi akan tetapi tetap mempertahankan kualitas data sehingga hasil kompresi data tersebut masih dapat diterima dan digunakan untuk aplikasi inderaja. Salah satu teknik kompresi data inderaja yang baru adalah teknik kompresi *hybrid* yaitu menggabungkan teknik reduksi *redundancy* spektral dan reduksi *redundancy* spasial. Hingga saat ini tetap dilakukan penelitian dan pengembangan teknik kompresi dengan tujuan mendapatkan kualitas data sebaik mungkin dengan kompresi rasio sebesar mungkin. Pada penelitian ini dilakukan perbaikan teknik kompresi *hybrid* untuk data inderaja banyak band (kanal) MODIS yang merupakan pengembangan dari teknik yang telah dilakukan Yuan-Xiang Li, et.al (IEEE 2007). Perbaikan yang dilakukan adalah dengan memilih citra kanal referensi yang lebih baik, memperhatikan *skip prediction band* dan menggunakan level dekomposisi yang lebih tinggi. Hasil simulasi dan pembahasan teknik kompresi data satelit inderaja MODIS dengan teknik kombinasi prediksi *interband* (interkanal) *linier* dan *skip* citra kanal tertentu dengan menggunakan level dekomposisi transformasi wavelet yang lebih tinggi menghasilkan nilai PSNR yang besar (40 dB) dengan kompresi rasio hingga 80 kali. Data kompresi hasil dari teknik yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk aplikasi data penginderaan jauh MODIS khususnya untuk pengamatan obyek pada permukaan Bumi dengan cakupan skala global.

Kata kunci: *Kompresi, Hybrid, Prediksi, Citra, Kanal, Wavelet, MODIS, PSNR, Symetry co-histogram*

1 PENDAHULUAN

Hingga saat ini telah banyak algoritma atau teknik kompresi yang telah dikembangkan khusus untuk data inderaja seperti yang dipaparkan pada (Chen, Frederick W, 2005; Zhou, Y.P, Yeh P.-S, Wiscombe W.J, Tsay S.C, 2003, Rao, Ashok K, 1996, Qian, Shen-En, 2004, dan Yuan-Xiang Li, Li Deng, Zhongliang Jing, 2005), dan termasuk perkembangan teknik yang baru adalah menggabungkan analisis *redundancy spasial* dan *redundancy spectral* seperti yang dilakukan pada (Yuan-Xiang Li, Li Deng, Zhongliang Jing, 2005) atau juga dikenal dengan teknik kompresi *hybrid*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengajukan perbaikan teknik kompresi yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Yuan-Xiang Li et al dengan memodifikasi dan mengkombinasikan metode lain diharapkan dapat memperbaiki performansi kompresi khususnya *Peak Signal Noise Ratio* (P S N R). Untuk dapat melihat perbaikan teknik yang diajukan maka akan dilakukan simulasi dengan membahas (analisis) parameter yang mempengaruhi performansi kompresi. Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan teknik kompresi untuk data satelit penginderaan jauh MODIS menggunakan prediksi interkanal linier, *skip* citra kanal tertentu, dan menggunakan transformasi *wavelet Lifting Schema* (LS) 9/7. Teknik kompresi ini merupakan pengembangan dari teknik yang telah dikembangkan Yuan-Xiang Li, et.al yang menggunakan prediksi linier interkanal dengan referensi hanya 1(satu) citra kanal sebelumnya dan tanpa memperhatikan skip prediksi citra kanal. Teknik kompresi yang dikembangkan menggunakan prediksi linier interkanal dengan referensi citra kanal rata-rata dari citra kanal sebelum dan citra kanal sesudahnya atau dapat

dinamakan sebagai prediksi *linier interkanal rata-rata terdekat* (*nearest average linier interband prediction*) dan dengan memperhatikan *skip* prediksi. Sedangkan untuk skema transformasi *wavelet* yang akan dianalisis akan menggunakan LS 9/7. Pemilihan LS 9/7 ini sesuai dengan rekomendasi (Campbell B. James, 2008) yang menjelaskan PSNR hasil kompresi menggunakan LS 9/7 lebih baik dibandingkan menggunakan CDF 9/7.

Sampel data satelit inderaja *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) yang akan digunakan adalah Data MODIS yang direkam oleh LAPAN. Spesifikasi data MODIS adalah terdiri dari 36 *citra kanal* atau kanal spektrum dari spektrum *visible* hingga *thermal infrared*. Data MODIS digunakan untuk pengamatan permukaan Bumi dengan cakupan pengamatan global dan resolusi spasial yang moderat atau rendah. Resolusi spasial data MODIS adalah 250 m hingga 1 km dan lebar citra atau *swath* 2330 km. Alasan pemilihan data MODIS dikarenakan teknik yang telah dilakukan sebelumnya (Yuan-Xiang Li et al., 2005) juga menggunakan data MODIS. Selain itu kondisi posisi stasiun bumi yang jauh dari pusat pengolahan data menuntut teknik kompresi yang handal untuk dapat memanfaatkan data inderaja secepat mungkin (*near real time*). Pada penelitian ini proses prepossessing untuk menyiapkan data sampel input yang digunakan adalah menghilangkan *noise* dengan filter *lowpass*. Filter *lowpass* yang dipilih adalah filter *lowpass Gaussian* dengan parameter berdasarkan hasil pre-riset yang sudah dilakukan. Data sampel input yang digunakan untuk analisis berbeda dengan data sampel yang digunakan pada teknik *existing*. Untuk itu perbandingan hasil kompresi teknik

yang dikembangkan dilakukan dengan asumsi karakteristik data sampel yang digunakan mendekati dengan teknik *existing* (Yuan-Xiang Liet al., 2005). Sebagai parameter akan dilihat hasil PSNR terhadap kompresi rasio dan dibandingkan dengan hasil teknik *existing*. Selain itu juga akan dianalisis parameter lain sebagai ukuran kualitas hasil kompresi dari teknik yang dikembangkan yaitu *symmetry co-histogram*. Dengan kombinasi parameter PSNR, *symmetry co-histogram*, kompresi rasio dan waktu kompresi teknik yang dikembangkan akan diukur dan dianalisis. Berdasarkan penjelasan (Du Qian, Chang Chein-I, 2008) untuk jenis data hiperspektral yang lain hasil kompresi dengan PSNR 30 dan 40 dB masih dapat menghasilkan pengamatan atau klasifikasi objek yang mendekati citra originalnya. Untuk itu pada analisis akan didefinisikan batas PSNR hasil kompresi yang masih dianggap baik adalah lebih besar atau sama dengan 40 dB.

2 PENGEMBANGAN TEKNIK KOMPRESI

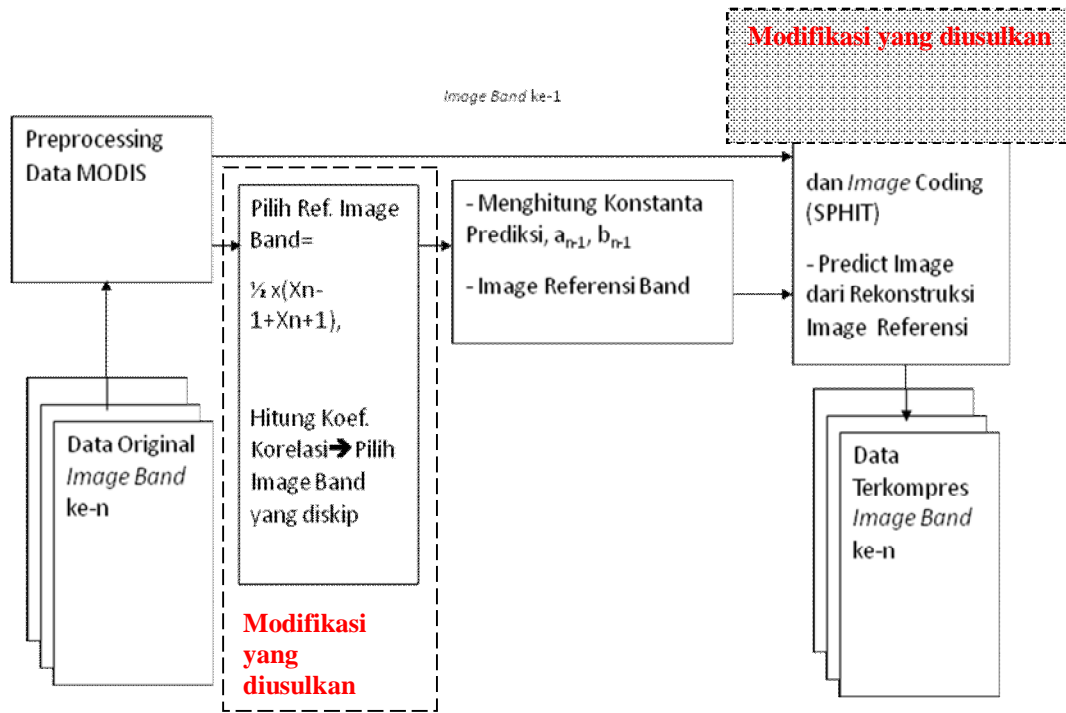
Teknik prediksi interkanal linier rata-rata terdekat seperti juga prediksi interkanal yang digunakan pada teknik *existing* (Yuan-Xiang Li, et al., 2005) yaitu meramalkan citra kanal dari referensi citra kanal dengan persamaan linier seperti pada persamaan prediksi linier yang telah dijelaskan pada (Yuan-Xiang Li, et al., 2005). Perbedaannya hanya pada citra kanal referensi. Pada (Yuan-Xiang Li, et al., 2005) citra kanal referensi adalah citra kanal sebelumnya (X_{n-1}) sedangkan teknik yang akan dianalisis menggunakan rata-rata citra kanal sebelum dan sesudahnya ($(X_{n-1} + X_{n+1})/2$). Dari perbandingan beberapa alternatif prediksi interkanal, teknik yang dikembangkan ini lebih baik.

Alternatif yang dibandingkan adalah prediksi linier interkanal dengan citra referensi lebih dari 1 (satu) citra (Wang Jinfei, et al., 1995), normalisasi citra input (Zhou Yu, et al., 2008), *Pixel Closest Neighbor* (PCN) (Aiazzi B, et al., 1996). Dari hasil pre-riSET perbandingan prediksi citra kanal yang paling baik adalah menggunakan referensi citra rata-rata kanal sebelum dan sesudahnya.

Dengan memperhatikan koefisien korelasi maka dapat diidentifikasi citra kanal yang akan menghasilkan prediksi linier yang baik. Sehingga untuk nilai koefisien korelasi citra kanal referensi dengan citra kanal yang akan diprediksi kecil, maka citra kanal tersebut tidak dapat diprediksi, sehingga direkomendasikan untuk dikirim apa adanya (original/tanpa kompresi). Teknik yang hampir sama juga telah diteliti untuk jenis data lain yaitu Landsat-TM yaitu melihat dekorelasi spektral citra antar kanal (Guanjung Zhong, et al., 2001). Diharapkan sesuai dengan karakterisasi respon sensor masing-masing kanal penentuan kanal yang tidak diprediksi ini (*skip prediction*) dapat konsisten, sehingga untuk data set yang lain tidak perlu mencari koefisien korelasi untuk semua kanal. Teknik prediksi kanal linier rata-rata ini digabungkan dengan teknik *skip prediction* untuk mendapatkan prediksi kanal yang lebih baik.

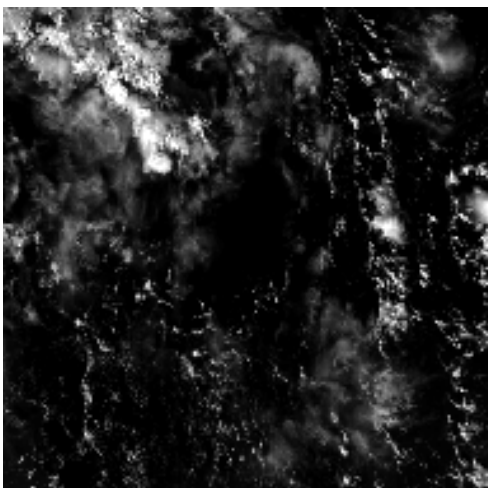
Pengembangan teknik kompresi yang dilakukan dapat dilihat pada diagram blok yang dijelaskan pada Gambar 2-1 Koefisien korelasi akan tergantung dari kedekatan pola antar citra kanal referensi dan citra kanal yang akan diprediksi dan berdasarkan karakteristik jumlah kanal pada data MODIS perlu diperhatikan citra kanal-kanal yang saling berkorelasi.

Selain diusulkan memodifikasi teknik prediksi kanal, juga diusulkan menggunakan LS 9/7 menggantikan CDF 9/7 sesuai rekomendasi (Campbell B. James, 2008).



Gambar 2-1: Diagram blok teknik yang dikembangkan, perbaikan dari (Yuan-Xiang Li, et al., 2005)

Proses *preprocessing* yang digunakan adalah menghilangkan *noise* (*noise removal*) dengan menggunakan *filter lowpass Gaussian*. Berdasarkan hasil pre-riset ini dipilih proses *noise removal* menggunakan *filter lowpass Gaussian* yang paling optimal adalah dengan window 11 x 11 dan sigma = 5. Pemilihan ini tentunya membutuhkan validasi lebih lanjut untuk aplikasi inderaja khususnya untuk data inderaja MODIS. Sampel citra yang akan digunakan untuk analisis dapat dilihat pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Sampel citra, kanal ke-1

3 SIMULASI

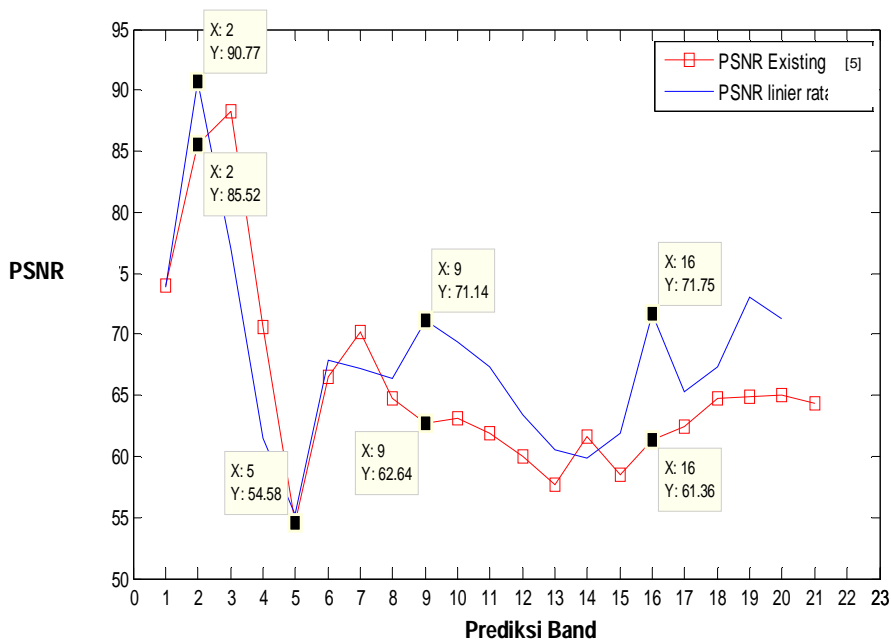
Simulasi dilakukan dengan menggunakan alat Simulasi dan Laptop Toshiba Pentium IV 1.8 Ghz dengan memory 1 GB. Untuk mempercepat proses komputasi sampel data MODIS yang digunakan adalah 512 *pixel* x 512 *pixel*, dengan kuantisasi 8 bit per *pixel*. Sampel merupakan data hasil *preprocessing* seperti telah dijelaskan di atas. Untuk mendapatkan data analisis dilakukan simulasi modul-modul teknik kompresi *existing* (Wang Jinfei, Zhang Kaizhong, Tang Shouwen, 1995) dan pengembangannya. Dengan mensimulasikan interkanal prediksi linier interkanal rata-rata terdekat dan *wavelet transform* dengan *image coding* (pengkodean citra) SPIHT maka parameter PSNR, kompresi rasio, waktu kompresi, *symmetry co-histogram* dan level dekomposisi wavelet dianalisis. *Script* SPIHT yang digunakan adalah *script* yang telah dikembangkan oleh Dr. M. Sakali dan Prof. William A. Pearlman (Said Amir, Pearlman A. William, 2008).

4 HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

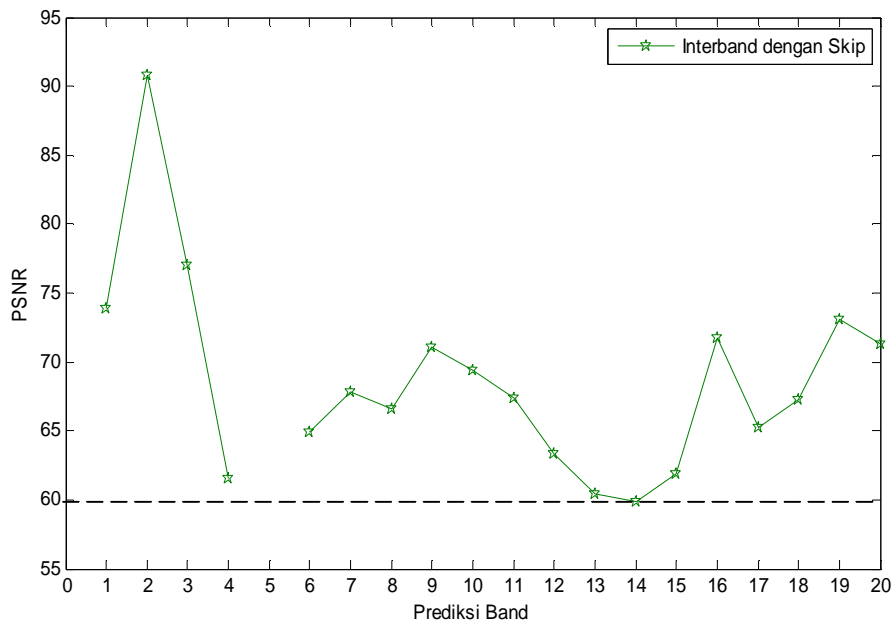
Hasil simulasi prediksi interkanal linier dan rata-rata terdekat dapat dilihat pada Gambar 4-2. Nilai PSNR prediksi linier rata-rata terdekat relatif lebih tinggi sekitar 5 dB dibandingkan dengan PSNR dari prediksi linier yang digunakan pada (Yuan-Xiang et al., 2005). Nilai PSNR adalah berbanding terbalik dengan MSE atau selisih kuadrat citra original dengan citra hasil prediksi. Semakin tinggi nilai PSNR dapat berarti hasil prediksi akan lebih mendekati citra originalnya. Dari hasil simulasi ini maka dapat disimpulkan bahwa prediksi *interkanal linier* dengan mengambil referensi citra dari rata-rata citra kanal sebelum dan sesudah dari citra akan menghasilkan prediksi citra yang lebih baik. Hal ini juga dapat dijelaskan lebih lanjut dengan melihat karakteristik korelasi antar citra kanal. Koefisien korelasi untuk referensi citra kanal rata-rata relatif lebih tinggi (mendekati 1) dibandingkan dengan hanya mengambil 1 (satu) referensi citra kanal sebelumnya. Rata-rata nilai koefisien korelasi citra kanal referensi untuk prediksi linier rata-rata lebih

tinggi di atas 0.2 dibandingkan dengan nilai koefisien korelasi dari teknik *existing*. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi antara dua citra maka akan semakin mirip atau dekat kedua citra tersebut. Dengan menggunakan citra referensi yang lebih dekat dengan citra target yang akan diprediksi maka akan jauh lebih mendekati dengan target citra prediksi tersebut sehingga MSE hasil prediksi akan lebih kecil dan PSNR akan lebih tinggi.

Pada Gambar 4-1 dapat dilihat PSNR hasil prediksi citra kanal ke-5 yaitu citra kanal ke-6 mempunyai nilai PSNR hasil prediksinya juga paling kecil sekitar 54 dB dikarenakan koefisien korelasi citra kanal 5 dan citra kanal 6 sangat kecil. Sesuai dengan penjelasan sebelumnya hal ini dapat diatasi dengan *men-skip* citra kanal tersebut dari proses prediksi. Sehingga semua hasil prediksi dijaga memiliki nilai PSNR > 60 dB. Hasil prediksi interkanal rata-rata dengan *men-skip* citra kanal 6 dapat dilihat pada Gambar 4-2. Untuk citra kanal dengan dekomposisi level 6 nilai PSNR tak terdefinisi dikarenakan tidak dilakukan prediksi sehingga MSE = 0.



Gambar 4-1: PSNR Prediksi interkanal linier dan prediksi onterkanal linier rata-rata terdekat

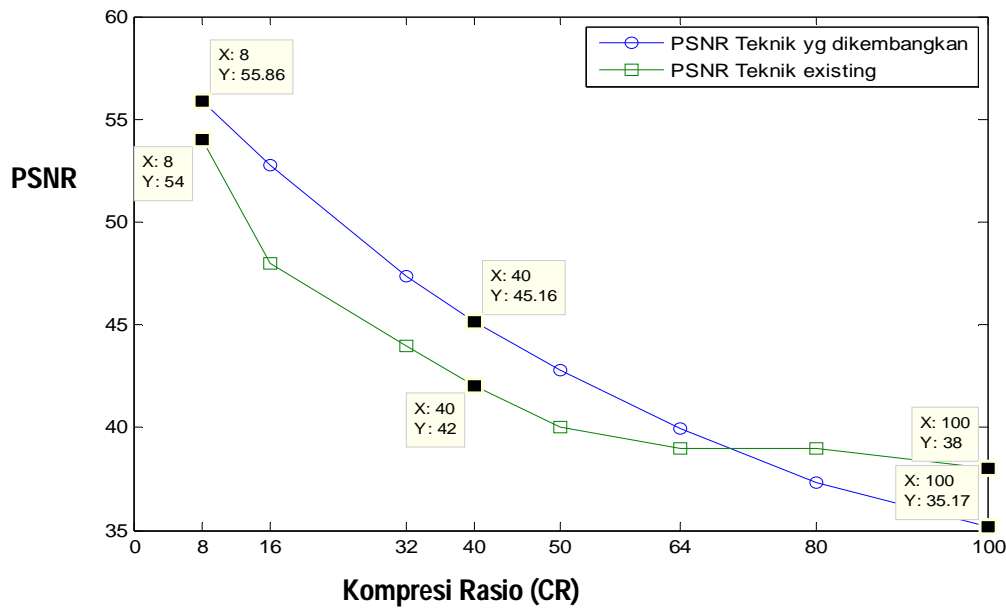


Gambar 4-2: Interkanal prediksi linier rata-rata terdekat dan skip citra kanal

Dari pembahasan hasil prediksi di atas maka dapat diketahui prediksi interkanal linier rata-rata terdekat lebih baik untuk memprediksi citra kanal dengan peningkatan PSNR rata-rata sekitar 3 dB. Sedangkan untuk mengatasi citra yang gagal diprediksi dapat dilakukan menandai citra tersebut dan di-skip atau tidak dilakukan prediksi. Pada Gambar 4-3 dapat terlihat hasil simulasi teknik kompresi yang dikembangkan dengan menggunakan level dekomposisi wavelet yang sama (3 level) yang digunakan pada teknik kompresi existing. Dengan asumsi bahwa citra sampel yang digunakan mempunyai karakteristik yang mendekati sama maka dapat dilihat pada Gambar 4-4 hasil simulasi teknik yang dikembangkan relatif lebih baik. Hasil PSNR teknik yang dikembangkan rata-rata 3 dB di atas PSNR teknik existing untuk *Compression Ratio* (CR) di bawah 50 kali. Untuk *Compression Ratio* (CR) yang tinggi PSNR yang dihasilkan masih di bawah teknik kompresi existing (Wang Jinfei, Zhang

Kaizhong, Tang Shouwen, 1995). Semakin tinggi kompresi rasio maka level kuantisasi pada pengkodean citra akan semakin rendah (kasar), sehingga lebih banyak koefisien transformasi wavelet yang dibuang. Oleh karena itu ketika proses *decode* dilakukan hasil citra rekonstruksi tidak dapat kembali seperti semula maka selisih citra rekonstruksi dan citra original (MSE) akan semakin besar yang otomatis akan memperkecil kualitas dari citra hasil kompresi atau PSNR turun.

Dari penjelasan (Du Qian, Chang Chein-I, 2008) ini maka ditentukan batas PSNR hasil kompresi teknik yang dikembangkan yang masih dianggap baik adalah lebih dari atau sama dengan 40 dB. Pada penelitian dipilih level dekomposisi wavelet lebih tinggi dengan harapan akan menaikkan kompresi rasio dan tetap dipertimbangkan waktu komputasi. Hasil simulasi pengaruh jumlah level dekomposisi terhadap waktu kompresi yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4-1.



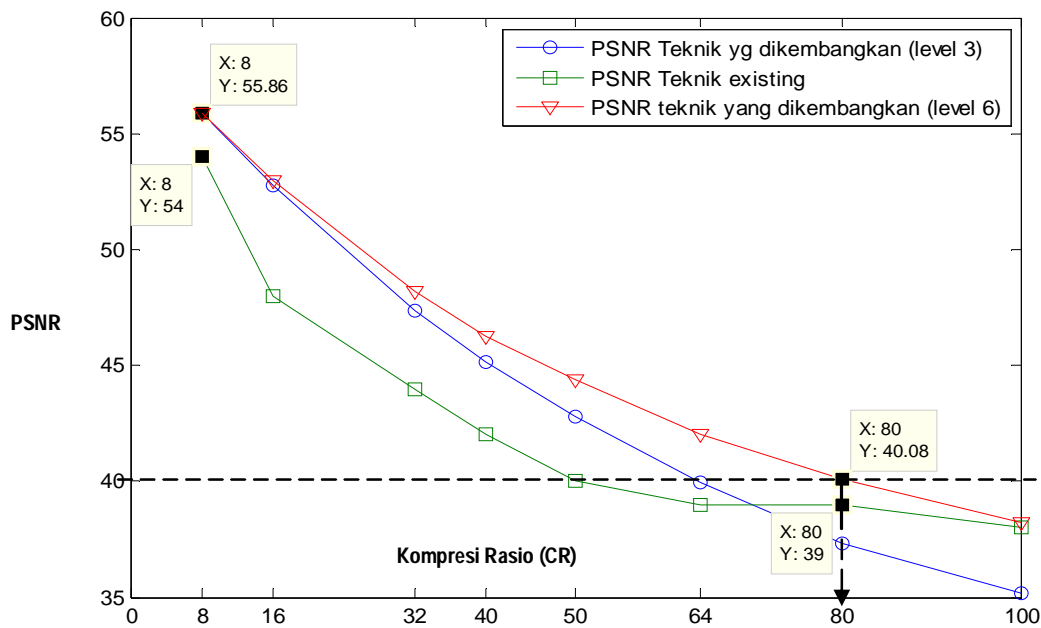
Gambar 4-3: Perbandingan teknik existing dengan Linier rata-rata (level dekomposisi wavelet = 3)

Tabel 4-1: LEVEL DEKOMPOSISI DAN WAKTU KOMPRESI RASIO (CR = 80)

Level Dekomposisi	PSNR (dB)	Waktu Kompresi (detik)
1	16.18	5.62
2	22.86	5.76
3	37.33	5.79
4	39.77	5.80
5	39.99	5.97
6	40.08	6.02
7	40.09	6.31

Pada Tabel 4-1 dapat dilihat selisih waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menaikkan level dekomposisi adalah sekitar 0.1 detik kecuali dari level 6 ke level 7. Sedangkan peningkatan PSNR yang paling signifikan adalah dari level 1 ke level 2 sekitar 8 dB. Sedangkan untuk peningkatan PSNR dari level 4, 5, dan 6 sekitar 0.1 dB dengan selisih waktu sekitar 0.1 detik. Untuk level peningkatan PSNR hanya sekitar 0.01 dB dengan selisih waktu 0.3 detik. Dari hasil ini maka peningkatan PSNR yang signifikan hanya sampai level 6 dengan selisih waktu kompresi sekitar 0.05 detik dibandingkan level 5. Dari hasil analisis ini maka rekomendasi level dekomposisi yang digunakan paling

rendah adalah 3, seperti yang digunakan pada teknik kompresi existing (Yuan-Xiang Li, et al., 2005) dan yang masih signifikan meningkatkan PSNR dipilih level 6. Untuk level yang lebih tinggi kenaikan PSNR sudah tidak signifikan lagi dan waktu kompresinya relatif lebih lama. Dengan menggunakan level dekomposisi 6 dapat menyempurnakan teknik kompresi yang dikembangkan, khususnya untuk *lossy* kompresi dengan kompresi rasio yang lebih tinggi. Penyempurnaan hasil PSNR teknik yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 4-5. Untuk kompresi rasio 80 kali PSNR lebih tinggi sekitar 1 dB dibanding dengan yang menggunakan level dekomposisi = 3.

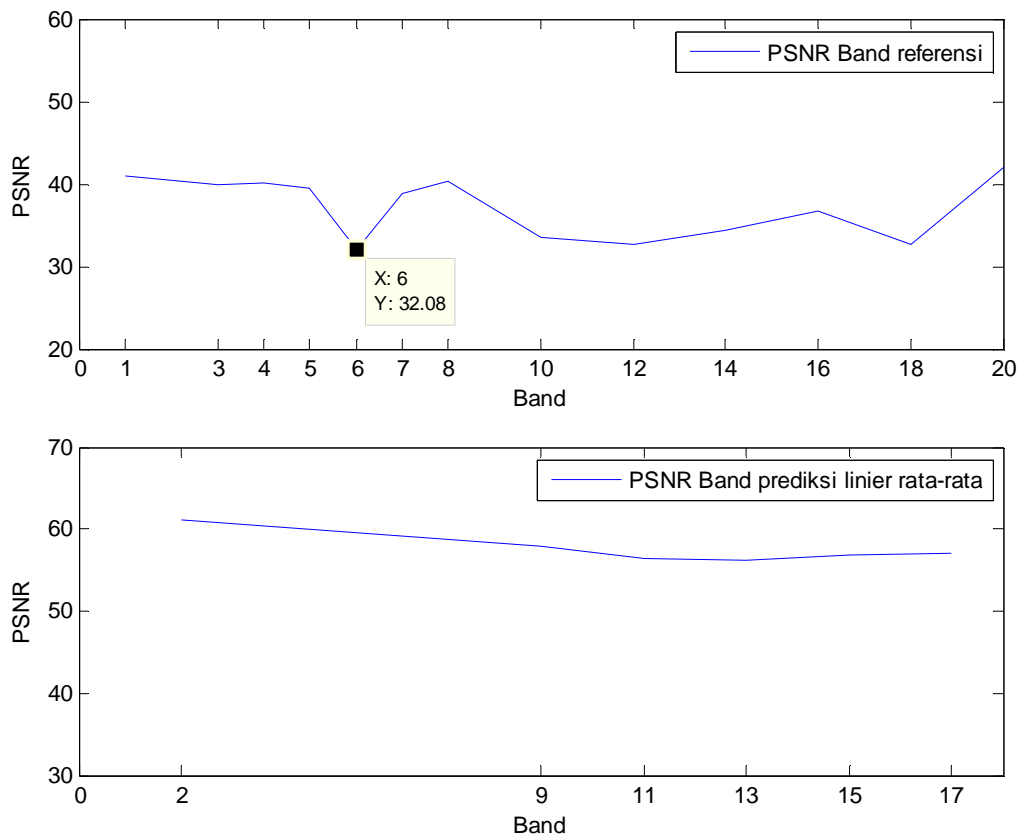


Gambar 4-4: Perbandingan Teknik Existing dengan Linier rata-rata terdekat (level dekomposisi wavelet = 6)

Pada Gambar 4-5 menunjukkan kompresi data MODIS untuk nilai PSNR di atas 40 dB dapat dikompres hingga 80 kali. Dari hasil ini dengan kualitas citra yang masih baik (di atas 40 dB) data MODIS dapat dikirim dengan ukuran lebih efisien yaitu hingga 80 kali lebih kecil. Koefisien korelasi antara citra kanal yang akan diprediksi dengan citra kanal referensi yang paling kecil adalah untuk kanal ke-6 sehingga aturan interkanal linier rata-rata dengan *skip* citra kanal memilih citra kanal ke-6 di-*skip* atau tidak diprediksi. Sehingga citra kanal referensi yang dikirim adalah citra kanal 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 dan citra kanal yang akan diprediksi adalah citra kanal ke-2, 9, 11, 13, 15, 17, dan 19. Sehingga reduksi redundansi spektral akan menghemat 7 citra kanal dari 20 sampel citra kanal atau sekitar 35% dari jumlah citra seluruhnya. Sehingga total ukuran citra yang dapat dikurangi adalah $35\% + 60\% \times$ kompresi rasio untuk reduksi *redundancy* spasial. Dari hasil ini maka secara keseluruhan dengan prediksi interkanal rata-rata dengan *skip* citra

kanal kompresi rasio dapat ditingkatkan hingga 35% lebih tinggi. PSNR hasil kompresi citra kanal keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4-5.

Dari Gambar 4-5 dapat dijelaskan bahwa untuk kompresi rasio 80 kali PSNR rata-rata untuk citra kanal referensi adalah 40 dB. Khusus untuk citra kanal ke-6 nilai PSNR-nya paling kecil yaitu sekitar 32 dB. Hal ini dikarenakan pada citra kanal ke-6 masih banyak terdapat *scan loss* atau *strip noise*. *Strip noise* ini menimbulkan efek *bow-tie* yang memperbesar spektrum dari citra sehingga menurunkan *redundancy* spasial, seperti yang telah dijelaskan pada (Yuan-Xiang Li, et al., 2005). Sedangkan hasil PSNR untuk citra kanal yang diprediksi cukup optimal yaitu di atas 55 dB. Dari hasil kompresi secara keseluruhan prediksi linier rata-rata berhasil menghasilkan PSNR yang tinggi dan untuk citra kanal yang masih terdapat *strip noise* untuk mempertahankan nilai PSNR dapat dikirim original tanpa melalui pengkodean citra (wavelet transform dan SPIHT).



Gambar 4-5: PSNR Hasil kompresi untuk citra kanal referensi (citra kanal ke: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20) dan citra kanal yang diprediksi CR = 80 (citra kanal ke-2, 9, 11, 13, 15, 17, 19)

Pada Tabel 4-2 (kanal ke-16) dijelaskan bahwa PSNR bukan satu-satunya parameter untuk melihat kualitas hasil kompresi data inderaja dalam hal ini keakuratan klasifikasi objek dari suatu data inderaja hasil kompresi. Pada kanal ke-13 untuk memvalidasi data inderaja hasil kompresi diajukan parameter *symmetry co-histogram* yang dinyatakan pada persamaan 4-1.

$$Symmetry = \frac{\sum_{p \geq q} H(p,q)H(q,p)}{\sqrt{(\sum_{p \geq q} -H^2(p,q) \sum_{p \geq q} H^2(q,p))}} \quad (4-1)$$

Dimana, $H(p,q)$ merupakan histogram citra original dan $H(q,p)$ histogram citra hasil kompresi. Pada dasarnya Persamaan 4-1 sama dengan persamaan koefisien korelasi antara dua citra, yaitu parameter yang merepresentasikan kemiripan dua citra. Jika koefisien korelasi mendekati 1 (satu) maka citra

hasil kompresi sangat dekat atau mirip dengan citra originalnya. Dari hasil percobaan yang dilakukan nilai kompresi rasio dan *symmetry co-histogram* atau koefisien korelasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4-2.

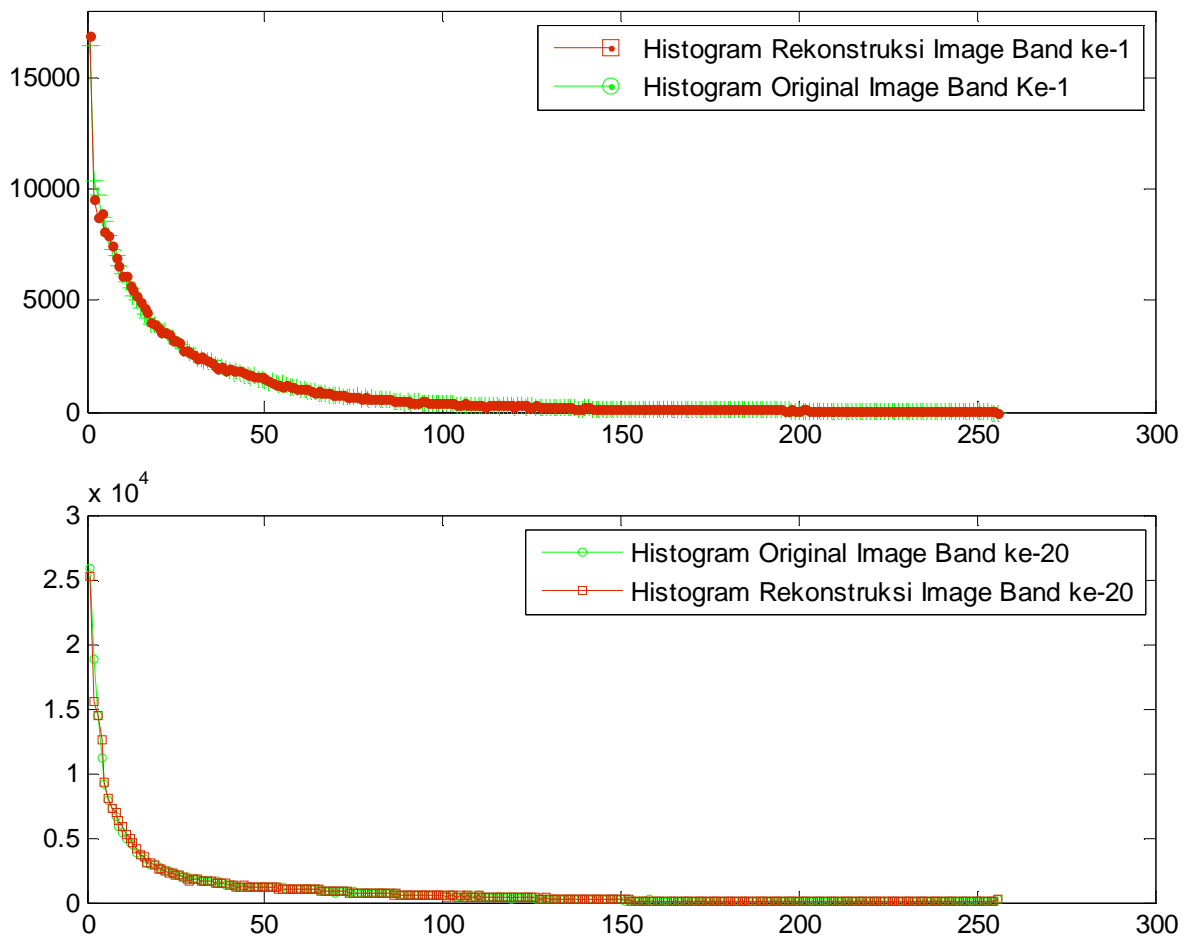
Tabel 4-2: KOMPRESI RASIO DAN SYMMETRY CO-HISTOGRAM

Kanal ke-	PSNR	Symmetry co-histogram
1	44.46	0.99977
3	43.62	0.99936
4	43.59	0.99823
5	42.90	0.99923
6	32.22	0.71922
7	42.08	0.99944
8	43.45	0.99924
10	37.12	0.98654
12	36.35	0.97218
14	37.98	0.96421
16	39.94	0.97402
18	36.41	0.96880
20	45.81	0.99944

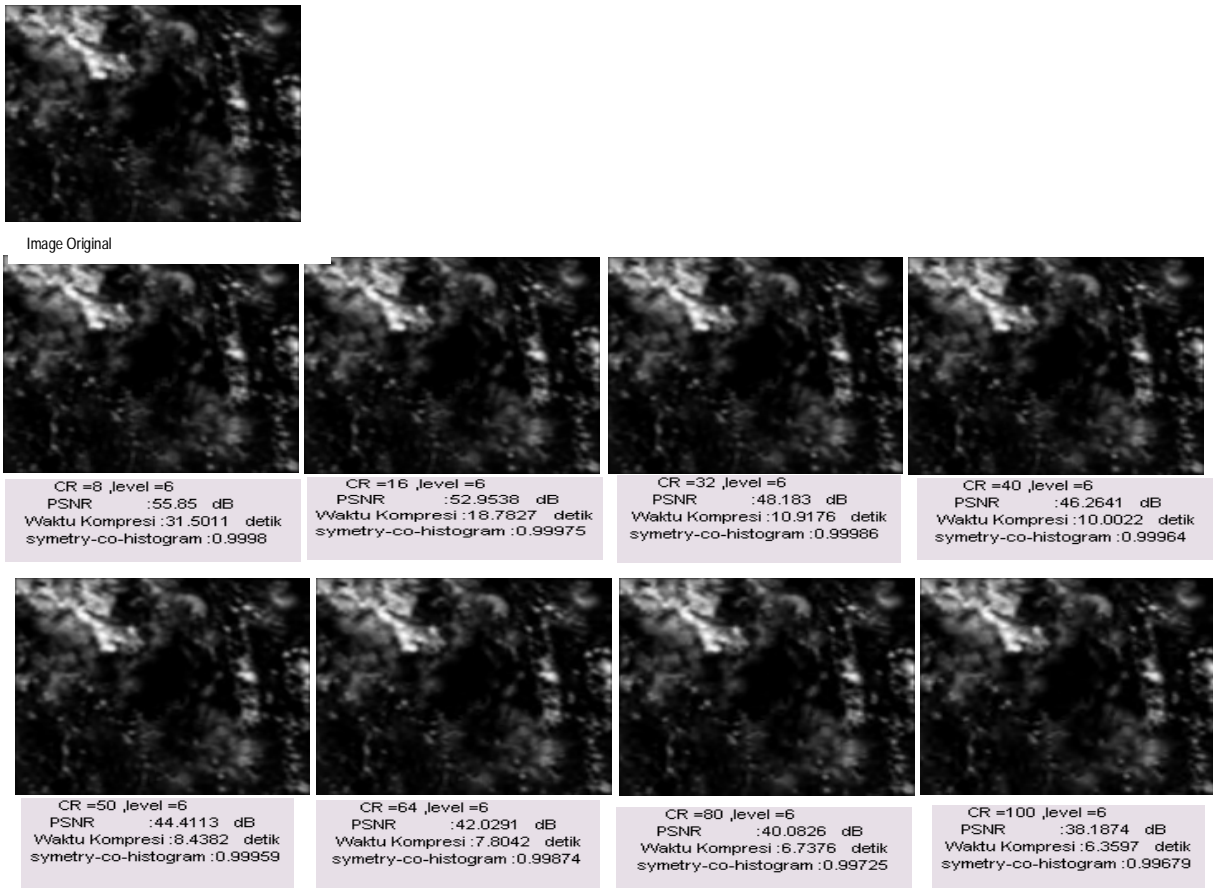
Dari Tabel 4-2 secara umum semakin tinggi nilai PSNR nilai *symmetry co-histogram* juga akan semakin kecil. Akan tetapi ada beberapa nilai PSNR yang lebih tinggi tetapi memiliki *symmetry co-histogram* yang lebih kecil yaitu citra kanal ke-1 (PSNR=44.46 dB, *symmetry co-histogram* =0.99977) dibandingkan ke-20 (PSNR = 45.81 dB, *symmetry co-histogram* = 0.99944). Atau hasil rekonstruksi citra kanal ke-1 *symmetry co-histogram*nya lebih besar 0.0003. Berdasarkan ini seperti penjelasan kanal ke-7 hasil klasifikasi objek pada citra kanal ke-1 akan lebih baik dibandingkan pada citra kanal ke-20, meskipun mempunyai PSNR yang relatif lebih kecil. Berdasarkan Tabel 4-2, secara umum

menggambarkan bahwa hasil *symmetry co-histogram* cukup baik yaitu mendekati 1 (di atas 0.9). Histogram hasil kompresi citra kanal ke-1 dan citra kanal ke 20 dapat dilihat pada Gambar 4-6. Pada Gambar 4-6 dapat dilihat histogram original dan rekonstruksi citra kanal ke-1 lebih berdekatan (berhimpit) dibandingkan citra kanal ke-20, sehingga nilai *symmetry co-histogram* lebih baik meskipun PSNR rekonstruksi citra kanal ke-1 lebih kecil.

Tampilan hasil kompresi data MODIS dapat dilihat pada Gambar 4-7 dan 4-8. Secara visual hasil kompresi dengan rasio kompresi hingga 80 kali masih mendekati sama dengan citra aslinya (original).



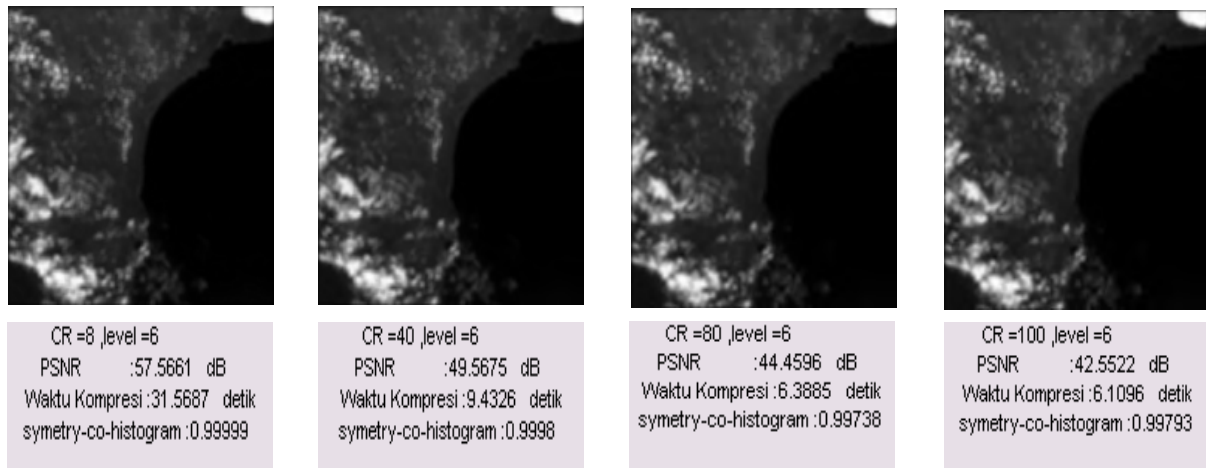
Gambar 4-6: Histogram citra kanal original dan rekonstruksi



Gambar 4-7: Tampilan hasil kompresi CR = 8 s/d 100, sampel Citra I



Image Original, sample II, Band 1



Gambar 4-8: Tampilan hasil kompresi untuk sampel citra II, CR = 8 , 40, 80 dan 100

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan mengkombinasikan teknik kompresi prediksi interkanal rata-rata terdekat dan *skip* citra kanal tertentu didapatkan nilai PSNR 40 dB dengan kompresi rasio hingga 80 kali. Selain itu hasil kompresi dengan teknik yang dikembangkan mempunyai *symmetry-co-histogram* yang mendekati 1 (di atas 0.99). Dibandingkan dengan hasil teknik kompresi *hybrid existing* kanal ke-5 hasil kompresi teknik yang dikembangkan lebih baik yaitu nilai PSNR lebih tinggi 1 dB untuk kompresi rasio 80 kali dan 2 dB untuk kompresi rasio 64 kali. Dari hasil tersebut maka diharapkan data MODIS hasil kompresi dengan teknik kombinasi prediksi interkanal rata-rata dan *skip* citra kanal tertentu dapat digunakan untuk aplikasi data MODIS khususnya untuk pengamatan objek pada permukaan Bumi dengan cakupan global. Selain itu hasil pembahasan menunjukkan semakin tinggi level dekomposisi transformasi *wavelet* yang digunakan maka PSNR hasil kompresi akan lebih baik. Pada teknik kompresi yang dikembangkan level dekomposisi yang paling optimal adalah level 6.

Dari hasil penelitian ini maka direkomendasikan hasil kompresi yang dihasilkan tidak hanya diukur dengan PSNR dan *symmetry co-histogram* tapi benar-benar real untuk suatu aplikasi pemanfaatan data inderaja yang dikompres tersebut. Selain itu prediksi citra kanal yang dilakukan perlu dikembangkan dan divalidasi lebih lanjut khususnya dengan memperhatikan respon frekuensi (spektral) objek pada citra sehingga dapat lebih dianalisis kesamaan *patern* antara citra kanal yang akan diprediksi dengan citra kanal referensinya. Dengan memodelkan secara lebih presisi maka karakteristik antar citra kanal dapat dioptimalkan untuk mendapatkan prediksi citra kanal yang lebih baik. Pemrosesan awal (penghilangan *noise*) citra sangat mempengaruhi performansi kompresi sehingga proses

filter low-pass disarankan dapat dikembangkan dan divalidasi lebih lanjut untuk riset selanjutnya disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi. Dengan pengembangan *filter low-pass* yang optimal performansi kompresi dapat ditingkatkan dengan tetap memperhatikan kebutuhan aplikasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Chen, Frederick W., 2005. *Archiving and Distribution of 2-D Geophysical Data Using Image Formats With Lossless Compression*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 2, NO. 1 Januari 2005.
- Zhou, Y.P, Yeh P.-S, Wiscombe W.J, Tsay S.-C, 2003. *Cloud Context-based Onboard Data Compression*, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International Volume 6, Page (s): 3598 - 3600 vol.6, 21-25 July 2003.
- Rao, Ashok K., 1996, *Multispectral Data Compression Using Bidirectional Interband Prediction*, With Lossless Compression, IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34, No. 2, March 1996.
- Qian, Shen-En, 2004. *Hyperspectral Data Compression Using a Fast Vector Quantization Algorithm*, IEEE With Lossless Compression, IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol. 42, NO. 8, August 2004.
- Yuan-Xiang Li, Li Deng, Zhongliang Jing, 2007. *MODIS Image Compression with Optimal Inter-band Prediction and Integer Wavelet Transform*, Image and Graphics, 2007. ICIG 2007. Fourth International Conference on 22-24 Aug. 2007, Page(s):205 – 209, Aug. 2007.
- Campbell B. James, 2008. *Introduction to Remote Sensing*, New York, The Guiliford Press.
- Du Qian, Chang Chein-I, 2008. *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, <http://ieeexplore.ieee.org>, akses terakhir : 11 Desember.
- Wang Jinfei, Zhang Kaizhong, Tang Shouwen, 1995. *Spectral and Spatial Decorrelation of Landsat-TM Data for Lossless Compression*, IEEE With Lossless Compression, IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol. 33, NO. 5, September.
- Zhou Yu, Steven G Mason, Gary E Birch, 2008. Impact of an Energy Normalization Transform on the Performance of the LF-ASD Brain Computer Interface, [http:// books.nips.cc/papers/files/nips16/ NIPS_2003_BI05.pdf](http://books.nips.cc/papers/files/nips16/NIPS_2003_BI05.pdf), akses terakhir : 25 November 2008.
- Aiazzi B, Alba P. S, Alparone L., Baronti S. Guarnieri P, 1996. Reversible Inter-Frame Compression of Multispectral *Images* Based on a Previous-Closest-Neighbor Prediction, Geoscience and Remote Sensing Symposium 1996, <http://ieeexplore.ieee.org>, akses terakhir : 1 Desember 2008.
- Guanjung Zhong, Lizhi Cheng, Huowang Chen, 2001. *A Simple 9/7-TAP Wavelet Filter based on Lifting Schema*, Image Processing, Proceedings. 2001 International Conference on, Volume: 2, On page(s): 249-252, Vol.2, 7-10 Oct 2001.
- Said Amir, Pearlman A. William, 2008. A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 6, Juni 1996, [http:// www.cipr.rpi.edu/research/SPIHT/spiht4.html](http://www.cipr.rpi.edu/research/SPIHT/spiht4.html), akses terakhir : 6 Desember 2008.
- Hao Pengwei, Shi Qingyun, Cheng Yin, 2003. Co-histogram and Its Application in Remote Sensing Image Compression Evaluation, Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on Volume 3, 14-17 Sept. 2003, Page (s):III 177-80 vol.2, September 2003, <http://ieeexplore.ieee.org>, akses terakhir : 11 Desember 2008.
- Rao Raghuvver M., Ajit S., 1998. Wavelet Transforms, Introduction to Theory and Applications, Addison-Wesley, First Printing, July 1998.