

Penerapan *Region of Interest* (ROI) pada Metode Kompresi JPEG2000

Agustina Linda S.

*Departemen Teknik Informatika
Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganेशha 10 Bandung 40132*

E-mail : lyn_on_line@yahoo.com

Abstrak

Metode kompresi dengan performansi tinggi dirasakan makin penting keberadaannya. Salah satu teknik kompresi baru, yang merupakan pengembangan dari metode kompresi JPEG adalah metode kompresi JPEG2000. Metode kompresi ini dikembangkan sebagai upaya untuk mengatasi keterbatasan teknik kompresi JPEG. Sehingga JPEG2000 mempunyai berbagai fitur yang sebelumnya tidak terdapat pada teknik kompresi JPEG, seperti *Region of Interest* (ROI), *Error Resilience*, *robustness to bit-errors*, dan *Progression Order* dalam berbagai dimensi.

Fitur *Region of Interest* (ROI) pada metode kompresi JPEG2000 ini memungkinkan dilakukannya kompresi secara berbeda pada area tertentu dari citra digital, sehingga area yang dipilih akan mempunyai kualitas citra lebih baik daripada area sekitarnya. ROI akan optimal jika luas area yang dipilih mempunyai ukuran tertentu dari total luas citra digital yang dikompresi. Namun, secara keseluruhan, ROI lebih tepat dikatakan sebagai upaya menurunkan kualitas citra digital yang berada diluar area yang dipilih. Metode kompresi JPEG2000 ini mempunyai performansi yang baik pada rata-rata bit per piksel yang rendah.

Kata kunci: kompresi, dekompresi, JPEG2000, ROI, PSNR

1. Pendahuluan

Berbagai teknologi pengolahan citra digital telah banyak berkembang dewasa ini, salah satunya adalah teknologi kompresi. Teknik pengompresian citra digital tersebut semakin berkembang, seiring dengan makin dibutuhkannya kemampuan melakukan kompresi dengan performansi tinggi untuk diterapkan pada berbagai bidang.

Kompresi pada citra digital merupakan upaya untuk melakukan transformasi terhadap data atau simbol penyusun citra digital menjadi data atau simbol lain, tanpa menimbulkan perubahan yang signifikan atas citra digital tersebut bagi mata manusia yang mengamatinya. Kompresi haruslah dilakukan secara efektif, sehingga citra digital yang dihasilkan setelah proses kompresi mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan sebelum menjalani proses kompresi²²⁾. Tujuan akhir dari kompresi adalah untuk mengurangi pemanfaatan memori dalam penyimpanan atau pengolahan citra digital tersebut.

Metode kompresi yang sudah cukup dikenal oleh sebagian pengguna aplikasi dan telah menjadi salah satu standar dalam pengolahan citra digital adalah metode kompresi JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), yang dikembangkan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) bekerja sama dengan ISO (*International Standard Organization*). Karena semakin beragamnya kebutuhan akan pengolahan citra digital, khususnya di bidang kompresi, metode kompresi JPEG dirasakan masih memiliki banyak kekurangan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dibuatlah sebuah standar baru yaitu metode kompresi JPEG2000. Metode kompresi ini diluncurkan tidak untuk menggantikan metode kompresi JPEG yang sudah ada, tetapi lebih dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan pada metode kompresi JPEG tersebut.

Metode kompresi JPEG2000 menyediakan berbagai kelebihan yang tidak dimiliki standar kompresi yang sudah ada sebelumnya. Fitur-fitur khusus yang disediakan oleh metode kompresi JPEG2000 ini antara lain penyempurnaan kedua macam kompresinya yaitu *lossy* dan *lossless compression*, *error resilience*, *robustness to bit-errors*, *random codestream access and processing*, dan pengkodean *Region of Interest (ROI)*.

Region of Interest (ROI) memungkinkan pengguna untuk mengakses bagian tertentu dari sebuah citra digital untuk diolah secara berbeda. Fitur ini menjadi sangat penting, apabila terdapat bagian atau area tertentu dari citra digital yang dianggap lebih penting dari area yang lainnya¹⁷⁾. Dengan pengkodean ROI ini, area khusus tersebut akan nampak mempunyai kualitas citra lebih baik daripada area sekitarnya (*background*) pada citra digital tersebut.

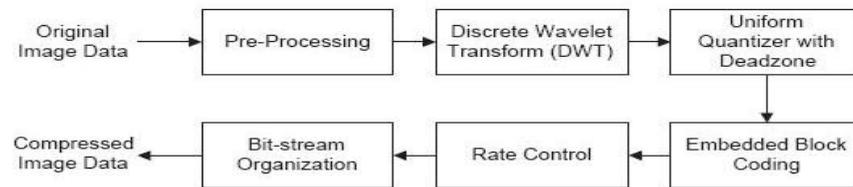
2. Kompresi

Informasi yang dirasakan redundan dapat dikompresi untuk meminimalisasi redundansi tersebut. Hal ini dapat pula dilakukan pada citra digital yang beragam tipenya, dengan menerapkan berbagai metode kompresi yang ada. Tujuan utama dari kompresi pada citra digital adalah untuk mengurangi penggunaan memori, sehingga akan memudahkan penyimpanan, pengolahan serta pengiriman citra digital tersebut. Dapat disimpulkan bahwa kompresi merupakan proses untuk menghilangkan berbagai kerumitan yang tidak penting (redundansi) dari suatu informasi, dengan memaksimalkan kesederhanaannya dan tetap menjaga kualitas penggambaran dari informasi tersebut¹⁰⁾.

3. Kompresi pada JPEG2000

JPEG2000 merupakan salah satu metode standard dan terbaru dalam melakukan kompresi terhadap citra digital, yang dihasilkan oleh ISO (*International Standard Organization*) bekerja sama dengan ITU (*International Telecommunication Union*). JPEG2000 tersebut dikembangkan, karena standar metode kompresi yang sudah ada, yaitu JPEG, dirasakan masih belum dapat memenuhi kebutuhan kompresi citra digital.

Teknik kompresi pada JPEG2000 termasuk metode kompresi yang simetris, yaitu proses kompresi dan dekompresinya menggunakan dasar algoritma yang sama, tetapi mempunyai arah yang berlawanan. Berikut ini skema proses kompresi pada JPEG2000:



Gambar 1 Skema Proses Kompresi JPEG2000

3.2 Pre-Processing

Pada *Pre-Processing* dilakukan transformasi atas data-data piksel penyusun komponen citra digital menjadi bentuk lain untuk memudahkan perhitungan. Pada Gambar 2 di bawah ini dapat dilihat tahapan-tahapan dalam *Pre-Processing*.



Gambar 2 Skema Pre-Processing

3.2.1 Tiling

Tiling (pengubinan) dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan keterbatasan sumber daya memori yang tersedia selama proses kompresi. Dalam *tiling* ini dilakukan pembagian area citra digital menjadi persegi panjang dengan ukuran yang sama dan tidak saling tumpang tindih. Perbedaan ukuran dapat terjadi pada bagian tepi dari citra digital. Ukuran dari *tile* atau ubin yang dibentuk adalah bebas. Sebuah citra digital dapat saja hanya terbagi menjadi sebuah *tile*, yaitu dengan ukuran yang sama dengan citra digital itu sendiri.

3.2.2 DC Level Shifting

Data yang diolah hendaknya merupakan bilangan yang berkisar pada nol. Jika penyusun dari masing-masing komponen pada citra digital merupakan tipe non-negatif (*unsigned*), maka perlu dilakukan *DC Level Shifting* untuk masing-masing penyusun komponen tersebut. Pada *DC Level Shifting*, akan dilakukan penambahan sebuah bilangan penyeimbang yaitu -2^{B-1} , sehingga penyusun komponen citra digital akan berada pada kisaran $-2^{B-1} = x[n] < 2^{B-1}$. B menyatakan kedalaman dari bit penyusun masing-masing komponen pada citra digital, dan $x[n]$ menyatakan bilangan penyusun yang berkisar pada nol. Sedangkan apabila penyusun komponen citra digital merupakan bilangan bertipe *signed*, maka proses ini tidak perlu dilakukan.

3.2.3 Irreversible Component Transformation (ICT)

Irreversible Component Transformation (ICT) merupakan transformasi komponen untuk tipe kompresi *lossy*. Sedangkan pada kompresi *lossless*, transformasi yang dilakukan disebut dengan *Reversible Component Transformation* (RCT).

Dalam ICT ini, akan dilakukan transformasi dari format RCB menjadi *Luminance* (Y), dan *Chrominance* (Cr dan Cb). Rumus yang digunakan untuk melakukan transformasi tersebut adalah sebagai berikut:

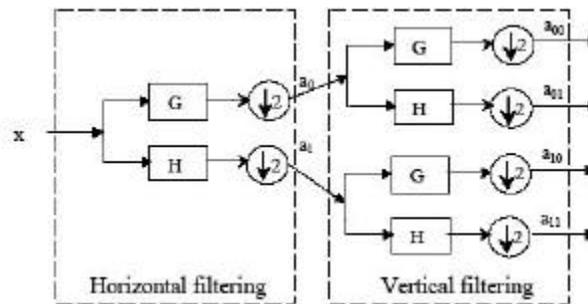
$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,16875 & -0,33126 & 0,5 \\ 0,5 & -0,41869 & -0,08131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.3 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Pada transformasi *wavelet*, dilakukan penyaringan data menjadi *low pass* dan *high pass*. *Low pass* merepresentasikan bagian penting dari data dalam resolusi yang rendah, sedangkan *high pass* menyatakan detail dari data yang ditransformasikan.

Pada JPEG2000, dilakukan DWT dua dimensi, yaitu DWT terhadap baris (horizontal), dan terhadap kolom (vertikal). Suatu tahapan DWT dua dimensi akan menghasilkan empat buah kuadran, yaitu:

- LL: sub-kelompok *low* dari hasil transformasi pada baris dan kolom.
- HL: sub-kelompok *high* dari hasil transformasi pada baris, dan sub-kelompok *low* dari transformasi kolomnya.
- LH: sub-kelompok *low* dari hasil transformasi pada baris, dan sub-kelompok *high* dari transformasi kolomnya.
- HH: sub-kelompok *high* dari hasil transformasi baris dan kolom.



Gambar 3 Transformasi Wavelet Dua Dimensi

Salah satu metode transformasi *wavelet* yang cukup sederhana adalah dengan menggunakan pendekatan *Lifting*. Dengan metode ini, konstanta *wavelet filter* seperti konstanta *filter* Daubechies (9,7) yang banyak digunakan, difaktorkan menjadi konstanta lainnya yang menyatakan *lifting steps*. Berikut ini beberapa konstanta yang digunakan untuk perhitungan dengan pendekatan *Lifting* ini:

$$a = -1.586 \quad b = -0.052 \quad c = 0.883 \quad d = 0.444$$

3.4 Quantization

Quantization merupakan proses untuk membulatkan koefisien yang dihasilkan dari proses transformasi. Operasi ini bersifat *lossy*, kecuali jika nilai pembulatan nya 1 dan koefisien hasil transformasi merupakan bilangan bulat, sebagai hasil yang diperoleh dari *Reversible Component Transformation* (RCT). Masing-masing koefisien dari hasil transformasi yaitu $a_b(u,v)$, dari sub kelompok b , dibulatkan dan menghasilkan $q_b(u,v)$, berdasarkan rumus berikut:

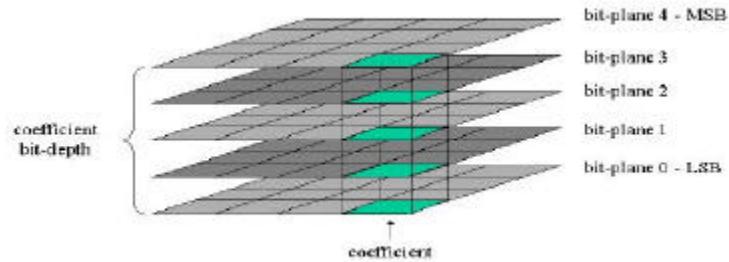
$$q_b(u,v) = \text{sign}(a_b(u,v)) \left\lfloor \frac{|a_b(u,v)|}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (2)$$

Δ_b menyatakan ukuran dari langkah pembulatan yang dilakukan terhadap koefisien, $\text{sign}(a_b(u,v))$ menyatakan tanda dari koefisien ($a_b(u,v)$), dan operasi $\lfloor x \rfloor$ digunakan untuk mendapatkan bilangan bulat terbesar yang kurang dari atau sama dengan x .

3.5 Entropy Coding

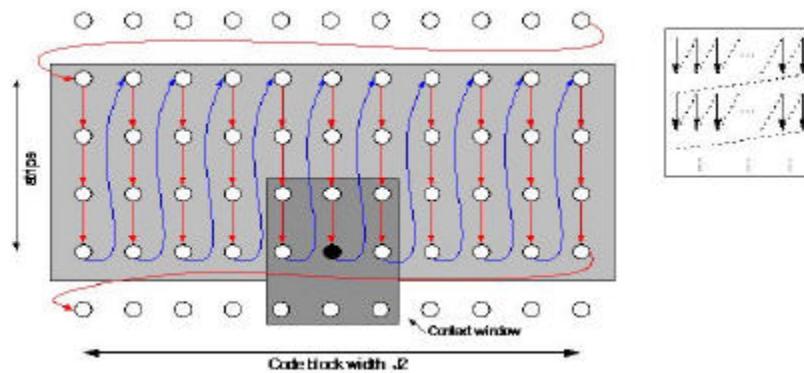
Metode yang digunakan dalam melakukan *Entropy Coding* adalah *Embedded Block Coding with Optimised Truncation*, atau yang disingkat sebagai EBCOT. EBCOT terdiri atas dua tahapan (*Tier*). *Tier* 1 bertanggung jawab dalam pemodelan pada data yang dikompresi, serta *entropy coding* yang dilakukan untuk membentuk *bit stream*, sedangkan *Tier* 2 mengatur data keluarannya membentuk paket-paket *bit stream* hasil kompresi.

Dalam EBCOT, dilakukan pengelompokan koefisien yang diperoleh dari transformasi *Wavelet* menjadi persegi dengan ukuran yang lebih kecil, untuk dikodekan secara independen. Standar ukuran yang digunakan adalah 2^n , tetapi tidak boleh kurang dari 4×4 . EBCOT dilakukan pada masing-masing lapisan bit penyusun citra digital yang disebut sebagai *bitplane*, dengan perhitungan yang dimulai dari lapisan bit yang paling signifikan (*Most Significant Bit*) atau MSB, ke bit yang kurang signifikan (*Least Significant Bit*) atau LSB. Lapisan MSB yang dipilih sebagai *bitplane* pertama yang dikode, setidaknya harus mengandung sebuah bit 1.



Gambar 4 EBCOT pada Code Block yang Diuraikan menjadi bitplane

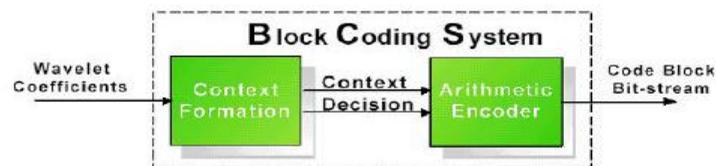
Proses perhitungan pada masing-masing *code block*, dilakukan dengan urutan perhitungan yang khusus. Dimulai dari pojok kiri *code block*, dengan melakukan perhitungan terhadap empat baris koefisien pada kolom pertama, kemudian diikuti dengan perhitungan pada empat baris data pertama di kolom kedua, hal tersebut dilakukan hingga mencapai kolom yang paling kanan. Proses tersebut kemudian diulangi untuk empat baris data yang kedua, dari kolom yang paling kiri sampai paling kanan. Proses tersebut dilakukan hingga mencapai bagian bawah *code block*. Pola perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5 Pola Perhitungan Koefisien Bit dalam Code Block

3.5.1 Tier 1

Skema *Tier 1* pada EBCOT dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6 Skema EBCOT Tier 1

Context Formation

Context vector menyatakan *significance state* dari kedelapan koefisien bit yang menjadi tetangga dari sebuah bit seperti tampak pada Gambar 7 di bawah ini. Jika koefisien dari masing-masing tetangga tersebut signifikan, maka tetangga-tetangga tersebut akan bernilai 1, tetapi jika sebaliknya akan bernilai 0.

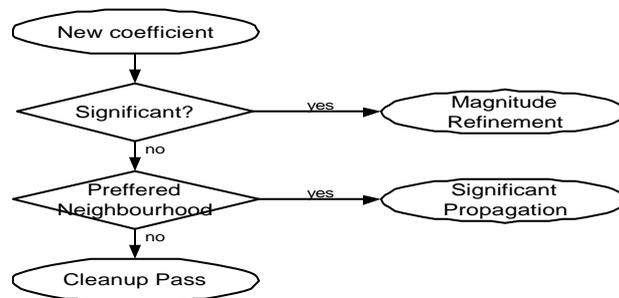
D_0	V_0	D_1
H_0	X	H_1
D_2	V_1	D_3

Gambar 7 Bit-bit dalam Perhitungan Context Vector

Terdapat empat pengkodean yang dilakukan dalam *entropy coding* ini, yaitu *significant coding*, *sign coding*, *magnitude refinement*, dan *cleanup coding*. Keempat pengkodean tersebut dilakukan dalam tiga buah tahapan, yaitu:

1. *Significance* dan *sign coding* dalam *significance propagation pass*.
2. *Magnitude refinement coding* dalam *magnitude refinement pass*.
3. *Cleanup* dan *sign coding* dalam *cleanup pass*.

Masing-masing koefisien bit akan dikodekan dengan salah satu dari ketiga tahapan tersebut, berdasarkan kondisi dari bit yang sesuai dengan salah satu tahapan. Skema dari ketiga tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini:

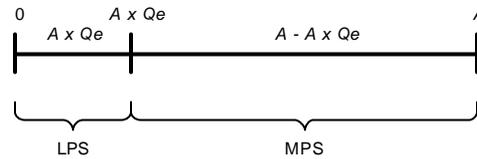


Gambar 8 Skema Entropy Coding

Arithmetic Coding

Pengkodean yang digunakan dalam *arithmetic coding* ini adalah MQ-Coder. MQ-Coder tidak hanya menggunakan simbol dari bit masukan, tetapi lebih mengindikasikan jenis bit yang diolah, apakah bit tersebut termasuk bit yang kemungkinan munculnya lebih sering (*Most Probable Symbol*), disingkat dengan MPS; atau sebaliknya, yaitu lebih jarang muncul (*Less Probable Symbol*), disebut sebagai LPS.

Masing-masing kemungkinan tersebut mempunyai nilai terbatas dalam sebuah interval, yang terbagi menjadi dua buah sub interval. Dalam interval tersebut, MPS berada pada bagian atas dari LPS, dengan prosentase lebih besar. Penggambaran, serta pembagian dari interval tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini:



Gambar 9 Pembagian Interval pada MQ-Coder

Pada Gambar 9 di atas, A menyatakan panjang interval, dan Q_e menyatakan perkiraan probabilitas dari LPS, sedangkan basis, atau batas bawah interval dinyatakan dengan C . Panjang interval dibatasi dalam jangkauan $0.75 = A < 1.5$. Jika nilai A berada di bawah batasan minimum, maka A akan digandakan, hingga berada dalam batasan yang seharusnya. Proses ini dinamakan dengan *renormalization*. Jika nilai A berubah, maka C juga harus diubah dengan proses yang sama. Karena nilai A yang selalu berada dalam batasan tersebut, maka nilai A akan selalu dianggap sebanding dengan 1 ($A \gg 1$). Sebuah kondisi dimana sub interval MPS kurang dari LPS dapat terjadi jika Q_e mendekati 0.5 dengan nilai A yang kecil. Apabila kondisi tersebut terjadi, maka harus dilakukan pembalikan nilai antara MPS dengan LPS, yang disebut sebagai *Conditional exchange*.

3.5.2 Tier 2

MQ Coder yang dilakukan pada masing-masing *code block*, seperti yang telah dijelaskan di atas, akan menghasilkan *bit stream*, berupa *byte-byte* data mentah yang telah terkompresi. Pada *Tier 2* dalam tahapan EBCOT ini, akan dilakukan pengaturan terhadap *bit stream* tersebut, sehingga representasi akhir dari citra digital yang telah dikompresi dapat lebih terstruktur, yaitu dengan membentuk *layer*.

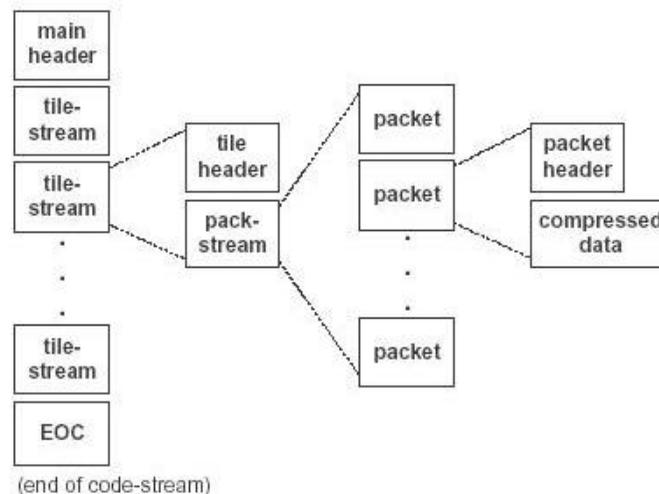
Layer menyatakan kumpulan dari urutan tahapan pengkodean yang dilakukan oleh *code block* yang terdapat dalam *subband* dan juga komponen. Kontribusi dari masing-masing *code block* terhadap *layer* berubah-ubah, tergantung *bit plane* yang diperhitungkan dalam *coding pass*. Setiap penambahan *layer*, akan menambah kualitas citra digital hasil kompresi yang dihasilkan.

3.6 Rate Control

Rate Control merupakan proses pengaturan *code stream*, dalam rangka pencapaian *bit rate* yang diinginkan (*target bit rate*). Dalam penentuan *target bit rate* ini, akan dilakukan perhitungan terhadap titik-titik potong optimal dari *bit stream* yang telah dihasilkan.

3.7 Bit Stream Organization

Dalam tahapan ini, akan dilakukan pengelompokan dari *bit stream* hasil kompresi, menjadi paket-paket data. Paket-paket tersebut, dihasilkan dari *code block-code block* yang berada pada *subband-subband* dalam level resolusi yang sama. Masing-masing paket yang terbentuk akan memiliki paket *header*, yang antara lain berisi informasi mengenai *layer*, resolusi, komponen, serta posisi. Pengorganisasian dari *bit stream* dapat dilihat pada Gambar 10 berikut:

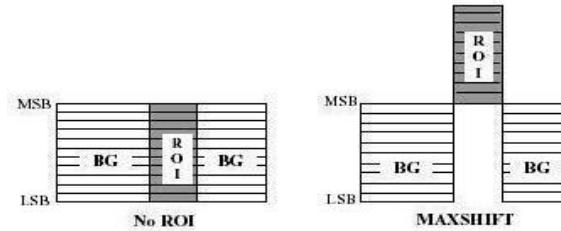


Gambar 10 Organisasi Code Stream

4. Region of Interest

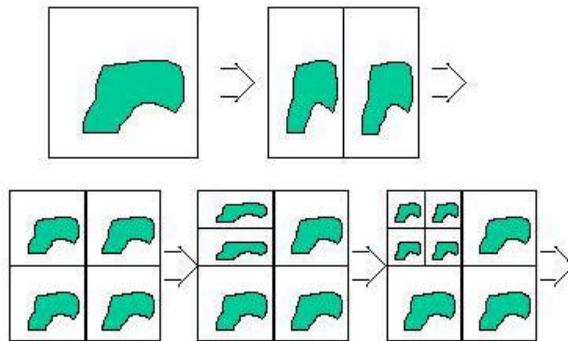
Region of Interest (ROI) merupakan salah satu fitur yang tersedia dalam JPEG2000. ROI memungkinkan dilakukannya pengkodean secara berbeda pada area tertentu dari citra digital, sehingga mempunyai kualitas yang lebih baik dari area sekitarnya (*background*). Fitur ini menjadi sangat penting, bila terdapat bagian tertentu dari citra digital yang dirasakan lebih penting dari bagian yang lainnya.

Metode yang digunakan untuk pengkodean ROI ini adalah Metode *Maxshift*. Prinsip utama pada pengkodean ROI ini adalah dengan menggeser *bitplane* dari koefisien yang dipilih sebagai ROI, sehingga menempati posisi yang lebih tinggi daripada *bitplane* sekitarnya (*background*). Karena menggunakan metode *Maxshift*, pergeserannya dilakukan sampai batas maksimal, sehingga seluruh *bitplane* dari koefisien ROI berada di atas *bitplane* dari area sekitarnya. Hal ini menyebabkan, pengkodean pada ROI akan menghasilkan area dengan kualitas maksimal dibandingkan area sekitarnya. Pada tahapan pengkodean *Entropy*, koefisien yang dipilih untuk ROI, akan dikodekan terlebih dahulu, daripada koefisien yang lainnya (*background*).



Gambar 11 Pergeseran bitplane untuk ROI dengan metode Maxshift

Untuk melakukan ROI, perlu diidentifikasi koefisien-koefisien yang termasuk dalam ROI. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan sebuah ROI *mask*, yang merupakan indikator dari koefisien yang termasuk ROI atau bukan. Umumnya yang digunakan sebagai penanda merupakan sebuah angka biner, yang dimiliki oleh piksel-piksel yang termasuk area ROI. Penanda tersebut berperan sebagai pemetaan area dari citra digital yang termasuk ROI. Pada proses DWT pun, *mask* tersebut akan berubah, mengikuti transformasi yang dilakukan pada citra digital. Sehingga pada akhirnya akan diperoleh informasi mengenai koefisien yang termasuk ROI.



Gambar 12 Pengidentifikasian ROI mask pada DWT

5. Perhitungan Kualitas Citra

Perhitungan kualitas citra digital yang merupakan hasil modifikasi, terhadap citra digital yang asli, dapat dilakukan dengan menghitung nilai MSE (*Mean Square Error*) dan juga nilai PSNR (*Peak Signal-to-noise ratio*). Perhitungan nilai MSE dari citra digital berukuran $N \times M$ dilakukan sesuai dengan rumus berikut:

$$MSE = \frac{1}{N.M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \left[|f(i, j) - f'(i, j)|^2 \right] \quad (3)$$

$f(i,j)$ menyatakan citra digital yang asli sebelum dikompresi, sedangkan $f'(i,j)$, merupakan citra digital hasil kompresi. Nilai MSE yang besar, menyatakan bahwa penyimpangan atau selisih antara citra hasil modifikasi dengan citra aslinya cukup besar.

Sedangkan untuk perhitungan nilai PSNR, dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{(255)^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

Semakin besar PSNR, maka kualitas citra hasil modifikasi akan semakin baik, sebab tidak banyak data yang mengalami perubahan, dibandingkan aslinya.

6. Pengembangan Perangkat Lunak

Terkait dengan topik yang tengah dibahas, penulis telah mengembangkan sebuah perangkat lunak yang menerapkan metode kompresi JPEG2000 dengan dilengkapi fitur *Region of Interest* (ROI). Perangkat lunak ini dikembangkan dari program standar JPEG2000⁸⁾, dengan kebutuhan fungsional utamanya berupa:

1. Mampu menampilkan dan melakukan kompresi pada citra berformat bitmap (24 bpp), dan juga menyediakan fasilitas dilakukannya ROI pada saat kompresi.
2. Mampu menghasilkan citra hasil kompresi dengan rata-rata bit per piksel, sesuai dengan keinginan pengguna.
3. Melakukan dekompresi pada citra hasil kompresi.
4. Menghitung nilai PSNR dari citra hasil kompresi dengan citra aslinya.

Nama dari perangkat lunak ini adalah **JPEG2000 Image Compressor**.

Performansi dari kompresi yang dilakukan, dihitung dengan memanfaatkan fasilitas perhitungan nilai PSNR yang tersedia dalam perangkat lunak. Tiga buah skenario pengujian yang telah dilakukan terhadap perangkat lunak ini, berupa:

1. Melakukan perbandingan nilai PSNR dari hasil kompresi pada berbagai rata-rata bit per piksel, tanpa ROI.
2. Melakukan perbandingan nilai PSNR dari hasil kompresi pada berbagai rata-rata bit per piksel, dengan berbagai ukuran luas area ROI.
3. Melakukan perbandingan ukuran berkas citra hasil kompresi dengan metode kompresi JPEG.

Dari hasil pengujian terhadap perangkat lunak, dengan menerapkan beberapa skenario pengujian yang telah dirancang tersebut, diketahui bahwa rata-rata bit per piksel dari citra hasil kompresi, ikut menentukan ukuran citra digital hasil kompresi. Selain itu, dapat diketahui bahwa metode kompresi JPEG2000 masih lebih unggul dibandingkan metode kompresi JPEG, karena dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik pada rata-rata bit per piksel yang rendah. Adanya ROI pada saat kompresi, ternyata tidak berpengaruh besar pada ukuran citra hasil kompresi. Dan dengan semakin

luasnya ukuran ROI, maka nilai PSNR akan semakin besar, walaupun pada titik tertentu, nilai PSNR kemudian akan turun.

7. Kesimpulan

Metode kompresi JPEG2000 merupakan metode kompresi dengan teknik kompresi dan dekompresi yang kompleks karena menggunakan perhitungan matematis yang yang rumit. Akan tetapi metode kompresi JPEG2000 ini mempunyai sebuah fitur baru yang cukup bermanfaat, yang dikenal dengan *Region of Interest* (ROI), yang memungkinkan pengguna untuk melakukan kompresi secara berbeda pada area yang telah dipilihnya. ROI dapat menghasilkan kualitas PSNR yang maksimal, jika ukuran dari area yang dipilih ukurannya optimal, kurang lebih setengah dari total luas area citra yang dikompresi.

ROI lebih sesuai jika dinyatakan sebagai upaya penurunan kualitas citra yang berada di luar area yang dipilih, sehingga berdasarkan pengamatan secara visual, area yang dipilih akan mempunyai kualitas citra yang lebih baik. Syarat agar ROI dapat dilihat secara visual adalah dengan melakukan kompresi pada citra digital dengan menampilkan hasil kompresinya pada rata-rata bit per piksel yang rendah.

8. Daftar Pustaka

- [1] Arizona State University (ASU), *JPEG 2000*, Arizona State University, EEE 508 – Lecture 18, 2000
- [2] Charilaos Christopoulos, Athanassios Skodras, and Touradj Ebrahimi, *The JPEG2000 Still Image Coding System: An Overview*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2000
- [3] Karen L. Gray, *The JPEG2000 Standard*, Technische Universitat Munchen, 2002
- [4] Huang W.B., *The Embedded Block Coding with Optimized Truncation (EBCOT) in JPEG2000*, 2000
- [5] Gaetano Impoco, *JPEG2000 – A Short Tutorial*, Visual Computing Lab – ISTI CNR Pisa, Italia, 2004
- [6] ISO and ITU, *Information Technology, JPEG 2000 Image Coding System, JPEG 2000 Final Committee Draft Version 1.0*. ISO/IEC, 2000
- [7] Jin Li, *Image Compression – The Mechanics of The JPEG2000*, Microsoft Research, Signal Processing, One Microsoft Way, Redmond, 2002
- [8] ---, <http://www.jpeg.org/jpeg2000/+jpeg2000&hl=en>, 2004
- [9] Majid Rabbani and Diego Santa Cruz, *The JPEG2000 Still-Image Compression Standard*, Eastman Kodak Research Laboratories; Swiss Federal Institute of Technology, Laussane, 2000
- [10] David Salomon, *Data Compression; The Complete Reference (Second Edition)*, Springer-Verlag, 2000
- [11] Prof. Edward Aboufadel, *JPEG2000: The Next Compression Standard Using Wavelet Technology*, Grand Valley State University, http://www.gvsu.edu/math/wavelets/student_work/EF/, 2001

- [12] Michael D. Adams and Faouzi Kossentini, *JPEG 2000: The Next Generation Still Image Compression Standar*, Departement of Electrical and Computer Engineering, University of British Columbia, 2000
- [13] Michael D. Adams, *The JPEG-2000 Still Image Compression Standar*, Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Victoria, 2002
- [14] Kishore Andra, Chaitali Chakrabarti, and Tinku Acharya, *A High-Performance JPEG2000 Architecture*, IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, 2003
- [15] Andrew P. Bradley and Fred W.M. Stentiford, *Visual Attention for Region of Interest Coding in JPEG 2000*, Cooperative Research Centre for Sensor Signal Information Processing (CSSIP), School of Information Technology and Electrical Engineering, The University of Queensland, 2003
- [16] Andrew P. Bradley and Fred W.M. Stentiford, *JPEG2000 and Region of Interest Coding*, DICTA2002: Digital Image Computing Technique and Applications, Melbourne, Australia, 2002
- [17] Charilaos Christopoulos, Joel Askelöf and Mathias Larsson, *Efficient Methods for Encoding Regions of Interest in The Upcoming JPEG2000 Still Image Coding Standard*, IEEE Signal Processing Letters, 2000
- [18] Christos Chrysafis, David Taubman, and Alex Drukarev, *Overview of JPEG2000*, Hewlett Packard Laboratories, 2000
- [19] Touradj Ebrahimi and Charilaos Christopoulos, *The JPEG2000 The Next Generation Still Image*, Signal Processing Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, 2001
- [20] Drew Li, *Fundamental of Multimedia, Chapter 9; Image Compression Standard*, Prentice Hall, 2003
- [21] Michael W. Marcellin, Michael J. Gormish, Ali Bilgin, and Martin P. Boliek, *An Overview of JPEG-2000*, Proc. of IEEE Data Compression Conference, 2000
- [22] Mark Nelson, and Jean-Loup Gailly, *The Data Compression Book (Second Edition)*, M&T Books, 1996
- [23] Majid Rabbani and Rajan Joshi, *An Overview of the JPEG2000 Still Image Compression Standard*, Eastman Kodak Company, USA, 2003
- [24] Shanty Meliani Hendrawan, *Robust dan Non Blind Watermarking pada Citra Dijital dengan Teknik Spread Spectrum*, Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2003
- [25] Spring, *Introduction to Data Compression: Wavelet Transform Coding SPHIT*, 2003
- [26] David Taubman, *High Performance Scalable Image Compression with EBCOT*, IEEE Transaction on Image Processing, 2000
- [27] David S. Taubman and Michael W. Marcellin, *JPEG2000: Standard for Interactive Imaging*, Proceedings of the IEEE, 2002
- [28] David Taubman, Erik Ordentlich, Marcelo Weinberger, Gadiel Seroussi, Ikuro Ueno, and Fumitako Ono, *Embedded Block Coding in JPEG2000*, The University of NSW, Sydney; HP Labs, Palo Alto; Mitsubishi Electric Corp., Tokyo, 2000
- [29] Ulil Hamida, *Penggunaan Teknik Fuzzy Untuk Perbaikan Kontras, Pelembutan dan Pendeteksian Tepi Pada Citra Dijital*, Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2003
- [30] Bryan E. Usevitch, *A Tutorial on Modern Lossy Wavelet Image Compression: Foundations of JPEG 2000*, IEEE Signal Processing Magazine, 2001

- [31] Mona Vajihollahi and Roozbeh Farahbod, *JPEG-2000*, -, 2000
- [32] Shufang Wu, *Embedded Block Coding with Optimized Truncation-An Image Compression Algorithm*, <http://www.sfu.ca/~vswu>, 2002