

# KOMPRESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN PENGABUNGAN METODE TRANSFORMASI WALSH WAVELET, KUANTISASI DAN PENGKODEAN FRAKTAL

**Febri Saputro**

*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro  
Universitas Teknologi Yogyakarta  
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta  
E-mail : [febrisaputro28@gmail.com](mailto:febrisaputro28@gmail.com)*

## ABSTRAK

*Perkembangan teknologi digital menuntut keefisienan dan kecepatan baik dalam transmisi data maupun dalam penyimpanan data. Citra digital merupakan salah satu data yang sering digunakan. Sehingga kebutuhan untuk memperkecil ukuran dengan meminimalkan kehilangan informasi yang ada pada citra digital sangat dibutuhkan. Penggabungan metode transformasi walsh wavelet, kuantisasi skalar dan fraktal diusulkan untuk memecahkan masalah tersebut. Penggabungan metode transformasi walsh wavelet, kuantisasi skalar dan fraktal ditinjau dari nilai PSNR dan CR, berturut-turut sebesar 40,38 dB dan 1,19. Nilai PSNR yang dihasilkan sudah memenuhi syarat batas minimal hasil rekonstruksi sebesar 30 dB.*

**Kata Kunci: Walsh, Kuantisasi, Fraktal.**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kompresi merupakan sebuah teknik yang bertujuan mengurangi *bit rate* untuk transmisi, proses dan efisiensi penyimpanan dengan meminimalkan kehilangan informasi. Kompresi sendiri terdiri dari dua teknik yaitu *lossy* dan *lossless*. *Lossy* merupakan salah satu teknik kompresi yang memberikan keuntungan kompresi yang besar dengan mengorbankan kualitas informasi yang terkandung, *lossless* merupakan kebalikan dari teknik *lossy* (Xiao, B. dkk., 2016).

Saat ini kebutuhan akan keefisienan sangat tinggi terlebih pada citra digital, sehingga kompresi sangat dibutuhkan. Riset yang berkembang saat ini telah banyak membahas tentang kompresi dengan berbagai metode yang berbeda dan dengan kelebihan juga kekurangan masing-masing. Sebagai contoh metode JPEG dan PNG yang merupakan penggabungan dari beberapa metode kompresi. Rata-rata perkembangan riset kompresi menggabungkan beberapa metode menjadi satu. Tingkat keefektifan digunakan PSNR(*Peak Signal to Noise Ratio*) dan CR(*Compression Ratio*). PSNR digunakan untuk mengukur kesalahan relatif ke nilai rata-rata kuadrat sinyal yang diukur secara skala logaritmik (Pu, I. M., 2006). CR digunakan untuk

mengukur rasio input terhadap output file hasil kompresi, berdasarkan ukuran file sebelum dan sesudah proses kompresi (Pu, I. M., 2006). Berdasarkan hasil riset metode kompresi yang sudah ada jika ditinjau dari PSNR dan CR masih dapat dikembangkan lagi.

Berdasarkan beberapa pemaparan yang sudah dijelaskan diatas, penulis ingin mengusulkan suatu metode kompresi citra yaitu penggabungan metode. Transformasi Wavelet dengan filter Walsh, kuantisasi dan pengkodean Fraktal. Metode transformasi Wavelet dipilih karena karakteristiknya yang memiliki rasio dan kecepatan dalam proses kompresi yang tinggi, metode kuantisasi dipilih karena mampu mengelompokkan intensitas citra menjadi lebih sederhana, dengan demikian ukuran citra dapat berkurang namun tidak terlalu terlihat oleh mata biasa. Sedangkan metode fraktal, dipilih karena selain belum banyak yang mengembangkan, juga karena metode tersebut memanfaatkan kemiripan lokal yang ada pada citra, walaupun pada citra alami secara keseluruhan tidak memiliki *self similarity* namun memiliki kemiripan dalam skala yang berbeda. Berdasarkan pemaparan tersebut maka metode ini cocok digunakan untuk citra yang banyak memiliki kemiripan lokal yang tinggi contohnya citra yang berkaitan dengan alam.

## 1.1 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan diatas maka permasalahan yang muncul adalah,

- a. Apakah metode penggabungan metode transformasi wavelet, kuantisasi dan fraktal mampu memperkecil ukuran citra dengan meminimalisir kehilangan informasi akibat proses kompresi?
- b. Apakah metode yang diusulkan mampu meningkatkan performa dari metode kompresi yang diusulkan peneliti sebelumnya oleh (Mekhalfa, F. dkk., 2016), yang berjudul *A Lossless hybrid wavelet-fractal compression for welding radiographic images* ?

## 1.2 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan diatas maka permasalahan yang muncul adalah,

- a. Apakah metode penggabungan metode transformasi wavelet, kuantisasi dan fraktal mampu memperkecil ukuran citra dengan meminimalisir kehilangan informasi akibat proses kompresi?
- b. Apakah metode yang diusulkan mampu meningkatkan performa dari metode kompresi yang diusulkan peneliti sebelumnya oleh (Mekhalfa, F. dkk., 2016), yang berjudul *A Lossless hybrid wavelet-fractal compression for welding radiographic images* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah metode yang diusulkan mampu melakukan proses kompresi dan rekonstruksi terhadap citra digital dengan tanpa harus menghilangkan informasi yang penting atau meminimalisir kehilangan informasi.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Kajian Pustaka

Perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin maju dan terus berkembang, berakibat pada terus munculnya inovasi-inovasi baru yang dilakukan oleh berbagai peneliti di berbagai belahan dunia. Khususnya dalam bidang pengolahan citra khusus kompresi citra, ada banyak sekali metode yang digunakan untuk melakukan kompresi citra. Penelitian yang dilakukan terkait dengan kompresi sudah cukup banyak dengan berbagai metode dan objek yang berbeda.

Kekre, H. B. dkk., (2016), pernah melakukan penelitian yang berjudul *Color Image Compression using Vector Quantization and Hybrid Wavelet*

*Transform*. Dalam penelitian tersebut digunakan tiga metode, pada bagian hibrid wavelet digunakan dua metode yaitu DKT dan DCT, sedangkan kuantisasi vektor merupakan metode tersendiri. Pertama dilakukan proses DKT dan DCT barulah setelah itu dilakukan proses kuantisasi vektor untuk mendapatkan citra hasil kompresi. Dari hasil eksperimen yang cukup banyak dilakukan ditarik kesimpulan bahwa metode yang diusulkan menghasilkan kualitas kompresi yang baik dengan CR rata-rata 32. Rumus *Compression Ratio* yang digunakan adalah  $CR = \frac{\text{original-hasil}}{\text{original}} \times 100$ . Perbedaan dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penggunaan metode, penulis menggunakan penggabungan 3 metode yaitu Transformasi walsh, kuanatisasi skalar, dan pengkodean fraktal, selain itu penulis melakukan modifikasi pada metode fraktal dengan menambahkan metode LSB. Penambahan metode LSB digunakan untuk menyisipkan informasi koordinat kiri atas domain blok dari proses fraktal.

Liu, S. dkk., (2015), pernah melakukan penelitian tentang kompresi yaitu *A fractal image encoding method based on statistical loss used in agricultural image compression*. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengembangan metode fraktal yang disesuaikan dengan masalah yang dihadapi, masalah yang diangkat adalah bagaimana memperkecil ukuran citra dengan menghasilkan kualitas citra yang tinggi untuk digunakan pada proses *recognition*. Parameter pengujian dan perbandingan yang digunakan adalah PSNR dan CR. Hasil dari eksperimen yang dilakukan dalam penelitian tersebut terhadap im1 menghasilkan PSNR 27,3 dan CR sebesar 13,7. Rumus untuk menghitung CR adalah  $CR = \frac{\text{original-hasil}}{\text{original}} \times 100$ . Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode yang dikembangkan dalam hal ini fraktal yang dimodifikasi, lebih baik dari metode sebelumnya dengan menghasilkan ukuran yang kecil dengan mempertahankan kualitas citra. Perbedaan dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penggunaan metode, penulis menggunakan penggabungan 3 metode yaitu Transformasi walsh, kuantisasi skalar, dan pengkodean fraktal, selain itu penulis melakukan modifikasi pada metode fraktal dengan menambahkan metode LSB. Penambahan metode LSB digunakan untuk menyisipkan informasi koordinat kiri atas domain blok dari proses fraktal.

Mekhalfa, F. dkk., (2016), pernah melakukan penelitian tentang kompresi yaitu *A Lossless hybrid wavelet-fractal compression for welding radiographic images*. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengembangan metode dengan cara menggabungkann beberapa metode. Penelitian tersebut melakukan proses wavelet dan fraktal terlebih dahulu, proses wavelet dimaksudkan untuk memperkecil jumlah blok domain. Hasil dari proses sebelumnya dilakukan proses pengkodean dengan

metode Huffman. Kesimpulan dari penelitian di atas adalah bahwa dihasilkan PSNR yang tak terhingga dan CR yang jauh lebih tinggi dari metode *lossless* lain. Rumus *Compression Ratio* yang digunakan adalah  $CR = \text{image\_original} / \text{image\_hasil}$ . Perbedaan dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penggunaan metode, penulis menggunakan penggabungan 3 metode yaitu Transformasi Walsh, kuantisasi skalar, dan pengkodean fraktal, selain itu penulis melakukan modifikasi pada metode fraktal dengan menambahkan metode LSB. Penambahan metode LSB digunakan untuk menyisipkan informasi koordinat kiri atas domain blok dari proses fraktal.

Saad, A. H. Y. dan Abdullah, M. Z., (2016), pernah melakukan penelitian tentang kompresi yaitu *High-speed implementation of fractal image compression in low cost FPGA*. Dalam penelitian tersebut untuk mengatasi kelemahan algoritma fraktal yaitu waktu proses yang lama, diusulkan skema paralel baru dengan mereduksi bit-bit. Hasil dari percobaan ada penelitian tersebut adalah rata-rata 29,9 dB untuk PSNR dan lebih efisien 5,83% untuk CR. Rumus untuk menghitung CR adalah  $CR = \text{original} / \text{hasil}$ . Perbedaan dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penggunaan metode, penulis menggunakan penggabungan 3 metode yaitu Transformasi Walsh, kuantisasi skalar, dan pengkodean fraktal, selain itu penulis melakukan modifikasi pada metode fraktal dengan menambahkan metode LSB. Penambahan metode LSB digunakan untuk menyisipkan informasi koordinat kiri atas domain blok dari proses fraktal.

## 2.2 Walsh

Pada akhir tahun 1990-an Harmuth memperkenalkan istilah “*sequency*”, dimana hal tersebut mencirikan Walsh dan fungsi orthogonal nonsinusoidal lainnya. *Sequency* ( $z$ ) adalah istilah umum untuk frekuensi ( $f$ ), sebagai satu-setengah dari rata-rata jumlah nol penyeberangan per satuan selang waktu. Sehingga bila dilihat frekuensinya bisa dinggap khusus. Fungsi Walsh sendiri diatur dalam urutan *sequency* (Deb, A. dan Ghosh, S., 2014).

## 2.3 Kuantisasi

Kuantisasi ialah suatu pembulatan dari bilangan real ke bilangan diskrit dari nilai-nilai amplitudo sampel yang sudah ditetapkan terdekat. Kuantisasi dibagi menjadi dua yaitu kuantisasi skalar dan kuantisasi vektor, disebut kuantisasi skalar adalah jika masing-masing sampel data terkuantisasi secara terpisah, disebut kuantisasi vektor adalah jika minimal dua sampel data terkuantisasi pada saat yang sama (Pu, I. M., 2006).

## 2.4 Fraktal (PIFS)

Perbedaan dengan fraktal IFS adalah pada membuat salinan gambar dari seluruh gambar (dengan transformasi affine), akan jauh lebih baik jika dibentuk dari salinan dari sebagian dirinya sendiri. Untuk melakukan *encode* gambar  $f$ , gambar dibagi menjadi blok range  $R1, R2, R3, \dots, Ri, Rn$  (Lu, G. dkk., 2001).

$$f = R1 \cup R2 \cup \dots \cup Rn \quad (2.1)$$

dan

$$Ri \cap Rj = 0 \text{ when } i \neq j \quad (2.2)$$

Setelah itu dilakukan pembagian ke blok domain (tumpang tindih)  $D1, D2, D3, \dots, Dj, Dm$ . Untuk setiap blok  $Ri$  akan dilakukan transformasi  $Wi$  dengan blok  $Dj$ , sehingga

$$Ri \approx Wi(Dj) \quad (2.3)$$

Jika  $W$  lebih sederhana dari gambar asli kita dapat mengkodekan  $f$  ke  $W$  dan mencapai kompresi tertentu. Dalam PIFS yang menjadi pokok bahasan adalah (i) Bagaimana kita memecah gambar menjadi blok-blok, (ii) Pemilihan kemiripan blok yang dibandingkan, (iii) Jenis Transformasi affine yang akan digunakan.

Pemecahan blok-blok pada PIFS yaitu menjadi blok range (tidak tumpang tindih) dan blok domain (saling tumpang tindih). Ukuran dari blok range adalah  $B \times B$  sedangkan untuk blok domain adalah  $2B \times 2B$  ( $2 \times$  Ukuran blok range), namun untuk ukuran blok domain bisa menggunakan ukuran lain, ukuran blok domain yang disebutkan dimaksudkan untuk menjaga kontraktifitas dalam domain spasial. Untuk ukuran dari blok range bergantung antara rasio kompresi dan kualitas hasil rekonstruksi gambar. Contohnya untuk ukuran blok range  $4 \times 4$  atau dibawahnya akan menghasilkan gambar rekonstruksi dengan kualitas yang baik namun kompresi rasio yang dihasilkan tidak begitu baik. Biasanya digunakan ukuran  $8 \times 8$  atau diatasnya menghasilkan rasio kompresi yang baik namun memungkinkan terjadinya *redundancy* data di daerah halus.

Untuk pengukuran tingkat kemiripan antara blok domain dan blok range yang dibandingkan lazimnya menggunakan *root mean square* (RMS). Untuk kedua blok  $u$  dan  $v$  yang berukuran  $B \times B$  pixel, didefinisikan sebagai,

$$d(u, v) = \sqrt{\sum_{i,j} (u(i, j) - v(i, j))^2} \quad (2.4)$$

RMS digunakan untuk menentukan jarak yang terdekat antara dua blok yang dibandingkan. Untuk setiap  $Ri$  harus menemukan  $Dj$  dan  $Wi$ , baik saat melakukan kompresi pada citra warna atau *greyscale*. Dilakukan proses perluasan transformasi affine menjadi,

$$Wi \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ai & bi & 0 \\ ci & di & 0 \\ 0 & 0 & si \end{bmatrix} \begin{bmatrix} rx \\ ry \\ rz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} ei \\ fi \\ oi \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

dan jika disederhanakan menjadi

$$Vi \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ai & bi \\ ci & di \end{bmatrix} \begin{bmatrix} rx \\ ry \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} ei \\ fi \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$V_i$  menentukan bagaimana blok domain dari gambar asli dipetakan ke blok range, sedangkan  $s_i$  dan  $o_i$  menentukan skala kontras dan pergeseran kecerahan dari hasil transformasi dari masing-masing blok yang dibandingkan.

Peneliti melakukan beberapa modifikasi pada metode fraktal, yaitu dengan menghapus proses affine dan menggantinya dengan transformasi walsh dan kuantisasi skalar.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Hardware dan Software

Laptop dengan Processor AMD A8 dan RAM 4GB (Lebih tinggi lebih baik), Windows 8.1, NetBeans IDE 7.0.1.

#### 3.2 Citra Uji

##### a. Level Kontras

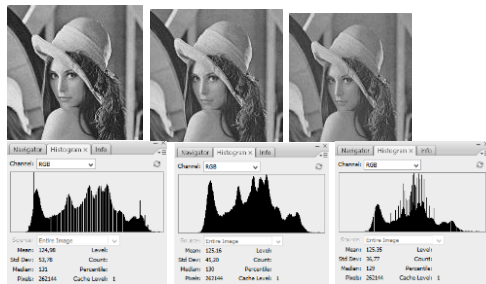
Kelompok citra yang dikelompokkan berdasarkan kontras, yaitu berturut turut kontras tinggi, kontras sedang dan kontras rendah. Citra yang digunakan adalah citra lena-grey.bmp dengan ukuran 512 x 512.



Gambar 1: Lena Level Kontras dan Histogramnya

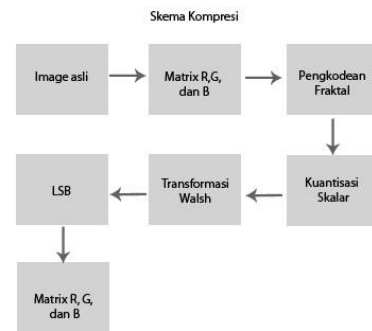
##### b. Level Kecerahan

Kelompok citra yang dikelompokkan berdasarkan kontras, yaitu berturut turut kontras tinggi, kontras sedang dan kontras rendah. Citra yang digunakan adalah citra lena-grey.bmp dengan ukuran 512 x 512.



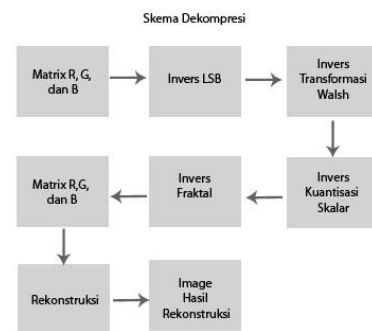
Gambar 2: Lena Level Kontras dan Histogramnya

### 3.3 Skema Kompresi



Gambar 3: Skema Kompresi

### 3.4 Skema Dekompresi



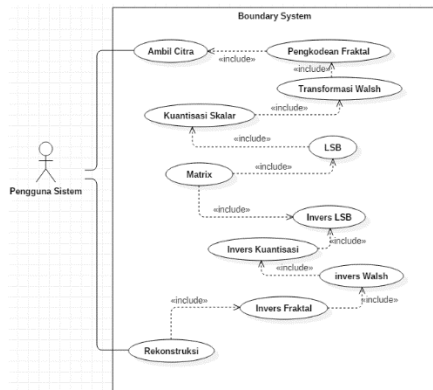
Gambar 4: Skema Dekompresi

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Use Case Diagram

Pada rancangan *use case diagram* yang ada pada Gambar 4.1, terdapat satu aktor dan sebelas *use case*. Antara *use case* yang ada dan aktor, dipisahkan oleh sebuah kotak yang bernama *boundary system* berfungsi untuk memberi batasan antara faktor internal dan eksternal sistem. Dikarenakan hanya sebatas penelitian tentang penerapan dan penggabungan metode maka aktor yang digambarkan hanya satu aktor yaitu pengguna sistem tersebut secara umum. Ada dua hubungan secara langsung antara aktor dan *use case*, yaitu aktor dengan *use case* ambil citra dan aktor dengan *use case* rekonstruksi. Pada hubungan aktor dengan *use case* ambil citra berarti seorang aktor melakukan input citra digital kedalam sistem, yang mana citra tersebut akan digunakan sebagai data yang akan diproses. *Use Case* ambil citra sendiri mendahului beberapa *use case* yaitu *use case* pengkodean fraktal, *use case* kuantisasi skalar, *use case* transformasi walsh, *use case* LSB, dan *use case* rekonstruksi. *Use Case* yang sudah disebutkan sebelumnya berturut-turut, sesuai urutan proses yang digambarkan pada rancangan *use case* pada gambar 4.1. Mendahului diartikan bahwa sebelum *use case* sebelumnya diselesaikan *use case* selanjutnya tidak bisa dikerjakan. Hubungan antara aktor dengan *use case* rekonstruksi merupakan sebatas melihat hasil

rekonstruksi dari proses kompresi yang sudah berbentuk citra.



Gambar 5: Use Case Diagram

## 4.2 Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap penkonersian hasil rancangan dari skema kompresi dan dekompresi sampai rancangan diagram-diagram, menjadi baris coding. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah java dengan IDE Netbeans.

## 4.3 Hasil CR

Tabel 1: Hasil CR

Citra	Ukuran	Compressi on Ratio
Lenagrey.bmp	512 x 512	1,185
LenagreyHighContrast.bmp	512 x 512	1,320
LenagreyMedium Contrast.bmp	512 x 512	1,185
LenagreyLowContrast.bmp	512 x 512	1,280
LenagreyHighBrightness.bmp	512 x 512	1,170
LenagreyMedium Brightnes.bmp	512 x 512	1,185
LenagreyLowBrightness.bmp	512 x 512	1,760
WomanDarkHair.bmp	150 x 96	1,200
WomanDarkHair.bmp	100 x 100	1,330
TNI.bmp	100 x 63	1,700
TNI.jpeg	100 x 63	5,330

Hasil pengujian terhadap berbagai citra dengan level kontras, level kecerahan menghasilkan rata-rata CR 1,185 seperti terlihat pada Tabel 5.1. Berdasarkan ukuran citranya maka semakin besar ukuran citranya semakin kecil CR nya. Berdasarkan pengujian yang dilakukan metode yang diusulkan sangat efektif bila digunakan pada citra dengan kontras tinggi jika ditinjau dari nilai CR nya, pengimplementasian terhadap citra berekstensi \*.bmp (citra yang belum terkompresi). Metode yang diusulkan apabila diimplementasikan terhadap citra yang sudah terkompresi (dalam kasus ini diambil

citra berekstensi \*.jpeg) menghasilkan nilai CR yang paling tinggi, hal ini disebabkan karena citra yang telah dikompresi telah berkurang redundansi datanya akibat proses kompresi menggunakan metode sebelumnya.

## 4.4 Hasil PSNR

Tabel 2: Hasil MSE dan PSNR

Citra	Ukuran	MSE	PSNR (dB)
Lenagrey.bmp	512 x 512	3,57	42,60
LenagreyHigh Contrast.bmp	512 x 512	2,97	43,41
LenagreyMedium Contrast.bmp	512 x 512	3,57	42,60
LenagreyLow Contrast.bmp	512 x 512	2,7	43,83
LenagreyHigh Brightnes.bmp	512 x 512	4,49	41,61
LenagreyMedium Brightnes.bmp	512 x 512	3,57	42,60
LenagreyLow Brightnes.bmp	512 x 512	1,69	45,83
WomanDarkHair.bmp	150 x 96	13,24	36,91
WomanDarkHair.bmp	100 x 100	18,39	35,48
TNI.bmp	100 x 63	12,56	37,14
TNI.jpeg	100 x 63	12,56	37,14

Hasil pengujian pada seluruh citra menunjukkan bahwa metode yang diusulkan sangat efektif baik terbukti kualitas citra hasil rekonstruksi cukup tinggi yaitu rata-rata nilai PSNR nya adalah 40,83 dB. Metode yang diusulkan sangat efektif jika diaplikasikan terhadap citra dengan level kecerahan maupun kontras yang rendah, hal ini terlihat dari nilai PSNR yang dihasilkan paling tinggi dibandingkan nilai PSNR pada level sedang dan tinggi.

## 4.5 Perbandingan

Tabel 3: Perbandingan Hasil CR dan PSNR

Metode Diusulkan		Lossless WFC		Fraktal		Wavelet Fraktal	
CR	PSNR (dB)	CR	PSNR (dB)	CR	PSNR (dB)	CR	PSNR (dB)
1,19	42,60	1,38	39,61	25,91	∞	10,22	30,07

Berdasarkan Tabel 5.4 terlihat nilai CR terbaik menggunakan metode fractal karena mampu mengurangi redundansi data dengan baik. Apabila dibandingkan dengan metode Lossless WFC nilai CR tidak jauh berbeda dengan metode yang diusulkan.

Berdasarkan kualitas citra hasil rekonstruksi metode yang diusulkan penulis sangat bagus yaitu diatas 30 dB yang disyaratkan untuk nilai hasil kompresi. Sedangkan pada metode fractal hasil

rekonstruksi citranya tergolong buruk karena nilai PSNR nya dibawah 30 dB.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan disimpulkan bahwa metode yang diusulkan mampu melakukan kompresi dan mampu merekonstruksi kembali citra. Metode yang diusulkan juga mempunyai performa yang baik, terlihat dari rata-rata nilai PSNR= 40,83 dB diatas nilai PSNR yang disyaratkan untuk kualitas hasil rekonstruksi citra terkompresi yaitu 30 dB. Metode kompresi yang diusulkan sangat efektif jika diimplementasikan terhadap citra yang memiliki spesifikasi level kecerahan rendah dan level kontras tinggi atau level kontras rendah.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitan yang dilakukan maka penulis memberikan beberapa saran untuk peneliti-peneliti selanjutnya dengan topik yang sama, berikut sarannya;

- a. Untuk mempercepat waktu kompresi gunakan teknik kompresi paralel pada metode fraktal
- b. Untuk mempercepat waktu kompresi gunakan *threshold* (abang batas) pada pencarian blok termirip dimetode fraktal
- c. Gunakan metode partisi lain pada pembagian blok dimetode fraktal, contohnya dengan metode *quadatree*.

## DAFTAR PUSTAKA

Deb, A. dan Ghosh, S. (2014), *Power Electronic Systems Walsh Analysis With MATLAB*, Boca Raton: CRC Press.

Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E. (2008), *Digital Image Processing*, Third New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Kekre, H.B. Natu, P. dan Sarode, T. (2016), *Color Image Compression using Vector*

*Quantization and Hybrid Wavelet Transform*, *Procedia - Procedia Computer Science*, 89, 778–784.

Liu, S. Zhang, Z. Qi, L. dan Ma, M. (2015), *A fractal image encoding method based on statistical loss used in agricultural image compression*, .

Lu, G. Ed, K.R. dan Rao (2001), *Fractal-Based Image and Video Compression*, Boca Raton: CRC Press LLC.

Manaseer, S. Aljawawdeh, A. Alsoudi, D. Street, Q.R. dan Street, Q.R. (2017), *A New Image Steganography Depending On Reference & LSB*, , 12(9), 1950–1955.

Mekhalfa, F. Avanaki, M.R.N. dan Berkani, D. (2016), *A Lossless hybrid wavelet-fractal compression for welding radiographic images*, , 24, 107–118.

Pressman, R.S. (2010), *Software Engineering: A Practitioner Approach*, Seventh New York: Mc Graw Hill.

Pu, I.M. (2006), *Fundamental Data Compression*, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803: Elsevier.

Saad, A.H.Y. dan Abdullah, M.Z. (2016), *Microprocessors and Microsystems High-speed implementation of fractal image compression in low cost FPGA*, *Microprocessors and Microsystems*, 47, 429–440.

Solomon, D. (2004), *Data Compression*, Third Northridge, California, USA: Springer.

Vijayaraani, D.S. dan Nivetha, M. (2016), *Image Compression Techniques – An Overview*, , 4(5), 96–101.

Xiao, B. Lu, G. Zhang, Y. Li, W. dan Wang, G. (2016), *Author ' s Accepted Manuscript Lossless Image Compression Based on Integer Discrete Tchebichef Transform To appear in : Neurocomputing, Neurocomputing*.

Naskah Publikasi

**KOMPRESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN  
PENGGABUNGAN METODE TRANSFORMASI WALSH  
WAVELET, KUANTISASI DAN PENGKODEAN FRAKTAL**

Disusun oleh:

Febri Saputro

5130411256

Pembimbing

**Yuli Asriningtias, S.Kom., M.Kom.**

Tanggal : .....

**KOMPRESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN  
PENGGABUNGAN METODE TRANSFORMASI WALSH  
WAVELET, KUANTISASI DAN PENGKODEAN FRAKTAL**

**PROYEK TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Mencapai derajat Sarjana S-1 Program Studi Teknik Informatika



Disusun oleh:

Febri Saputro

5130411256

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO  
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA  
2017**