

EVALUASI KINERJA CODEC CITRA MEDIS BERBASIS WAVELET DAN ENTROPY CODING

Ayuni Harianti¹, I Made Oka Widyantara², Ni Made Ary Esta Dewi Wirastuti³

¹ Institut Sains dan Teknologi Nahdlatul Ulama Bali Kampus NU Bali.

Jl. Pura Demak Barat No.31, Pemecutan Klod, Kec. Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali 80119

^{2,3} Universitas Udayana Bali.

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali-80361

E-Mail : ayuniharianti@gmail.com¹, oka.widyantara@unud.ac.id², dewi.wirastuti@unud.ac.id³

Abstrak - Salah satu bidang yang memanfaatkan data citra adalah di bidang medis, karena citra medis memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia medis saat ini., biasanya citra medis membutuhkan penyimpanan yang cukup besar pada komputer dan bertujuan untuk melakukan kompresi pada citra medis menggunakan discrete wavelet transform (DWT) dan entropy coding (Huffman dan Arithmetic). Lima jenis codec yaitu Coiflet, Symlet, Daubechies, Biorthogonal dan Dmeyer digunakan dalam penelitian ini membandingkan PSNR. Penelitian ini menggunakan nilai threshold 5. Percobaan yang dilakukan menggunakan citra medis yang mewakili jenis citra hasil CT-Scan dan MRI sebagai data testing. Penelitian ini menunjukkan bahwa codec Haar/Daubechies1, Symlet1 dan Biorthogonal1 memberikan hasil yang lebih baik dalam hal kualitas citra (PSNR).

Kata Kunci : DWT; Kompresi Citra Medis; Entropy Coding.

Abstract - One area that utilizes image data is in the medical field, because medical images have a very important role in today's medical world. Medical images usually require a large enough storage on a computer and aim to compress medical images using discrete wavelet transform (DWT) and entropy coding (Huffman and Arithmetic). Five types of codecs namely Coiflet, Symlet, Daubechies, Biorthogonal and Dmeyer were used in this study to compare PSNRs. This study uses a threshold value of 5. The experiment was conducted using medical images that represent the types of images from CT-Scan and MRI as data testing. This research shows that the Haar/Daubechies1, Symlet1 and Biorthogonal1 codecs give better results in terms of image quality (PSNR).

Keywords : DWT; Medical Image Compression; Entropy Coding.

PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin canggihnya kemampuan alat untuk merekam dan menghasilkan sebuah citra digital menyebabkan semakin besarnya ukuran sebuah file citra. Sehingga kebutuhan terhadap ukuran sebuah media penyimpanan dan bandwidth untuk menyimpan data citra digital semakin besar. Oleh karena itu diperlukan sebuah teknik kompresi citra digital, dimana tujuan kompresi tersebut adalah untuk meminimalkan sejumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan sebuah citra, sementara kualitas citra tetap dipertahankan

sebaik mungkin. Salah satu bidang yang memanfaatkan data citra adalah di bidang medis, karena pentingnya informasi-informasi yang terkandung di dalam sebuah citra medis maka tidak boleh dilakukan kompresi yang memungkinkan terjadinya pengurangan informasi di dalamnya (Lossy Compression). Maka diperlukan metode kompresi citra yang mampu menghasilkan rasio kompresi yang tinggi dengan kualitas citra yang lebih baik. Ada beberapa metode kompresi citra yang dapat digunakan, salah satunya adalah dengan metode Wavelet. Dengan menggunakan metode Wavelet, pada bagian detail, citra invers, atau hasil rekonstruksi tidak akan terlalu

berbeda dengan citra aslinya. Metode ini mendekomposisi sinyal dalam komponen frekuensinya dengan tetap mempertahankan informasi koordinat spasial dari komponen frekuensi tersebut. Citra medis yang berukuran besar menimbulkan masalah pada pengiriman dan penyimpanannya, yaitu kebutuhan media penyimpanan data yang besar serta waktu pengiriman yang lama. Oleh karena itu diperlukan teknik kompresi untuk mengurangi ukuran citra medis tanpa menghilangkan informasinya. Selain memperkecil ukuran citra medis, teknik kompresi ini juga sangat diperlukan pada proses pengiriman data. Dimana dapat dikembangkan untuk teknologi telemedicine yaitu monitoring kesehatan pasien jarak jauh.

Metode yang menjadi pertimbangan pada penelitian ini adalah transformasi wavelet merupakan salah satu pemampatan/kompresi Lossy yang sering di gunakan pada pengolahan citra. Yang membahas fungsi mother wavelet (Haar, Daubechies, Biorthogonal, Demeyer, Coiflet, Symlet) dan *Arithmetic Coding* dan *Huffman Coding*. Citra uji yang telah dipilih dikompresi menggunakan *software* Matlab, pertama citra dikompresi menggunakan wavelet (Haar, Daubechies, Biorthogonal, Demeyer, Coiflet dan wavelet Symlet) dan *Arithmetic Coding*, kemudian citra yang sama dikompresi dengan *Huffman Coding* untuk mencari nilai-nilai PSNR, rasio kompresi citra medis dan MSE. PSNR sendiri digunakan untuk mengukur kemampuan kompresi/pemampatan data, yaitu dengan membandingkan ukuran citra yang dikompresi/dimampatkan dengan ukuran citra asli.

KAJIAN PUSTAKA

State of The Art

1. Penelitian yang berkaitan dengan *Metode Berbasis Wavelet dan Entropy Coding (Arithmetic dan Huffman)* adalah sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan oleh KGopi¹, Dr. T. Rama Shri² pada tahun

2013 dengan judul "*Medical Image Compression Using Wavelet*" yakni kompresi citra medis menggunakan transformasi berbasis wavelet. Pengukuran hasil penelitian berdasarkan rasio kompresi dan penampakan citra kompresi secara *human visual*. Dari penelitian ini dihasilkan Wavelet Haar, wavelet Daubechies, wavelet Demeyer, wavelet Coiflet dan wavelets symlet dianggap berada di bawah kategori. Kecuali wavelet Coiflet, semua wavelet yang dirancang menghasilkan kurang banyak PSNR sekitar 30dB dan rasio kompresi sekitar kurang dari 2bpp. Coiflet wavelet menghasilkan nilai PSNR yang tinggi sekitar 47dB, namun pada rasio kompresi rendah hanya berkisar 2bpp.

2. Citra Digital

Citra adalah suatu *array* dua dimensi atau suatu matrik yang tersusun atas piksel-piksel (Astawa, 2010). Pengertian lain Citra merupakan suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek sedangkan Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Ada banyak cara untuk menyimpan citra digital di dalam memori. Cara penyimpanan menentukan jenis citra yang terbentuk. Beberapa jenis citra digital yang sering digunakan adalah citra biner, citra *grayscale*, dan citra warna (Sutoyo, 2009).

3. Citra Medis

Citra medis merupakan sebuah teknik penggambaran bagian dalam tubuh manusia secara *non-invasive* (tanpa merusak) untuk mengetahui kondisi organ tertentu. *Computed Tomography* (CT) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) merupakan contoh teknologi *medical imaging* yang banyak digunakan saat ini. Gambar CT dihasilkan dengan membaringkan pasien pada alas bergerak sepanjang penyinaran sinar-X yang dipancarkan dari tabung sinar-X. Tabung ini berputar mengelilingi tubuh pasien, kemudian sinar tersebut ditangkap oleh sensor/detektor. Hasil penangkapan sinar-

X oleh sensor tersebut direkonstruksikan menjadi rangkaian gambar irisan *axial* dua dimensi, dimana tiap piksel dalam irisan-irisan tersebut memberikan informasi secara relatif seberapa banyak sinar-X diserap oleh organ dan direpresentasikan oleh piksel tersebut.

4. Kompresi Citra

Istilah kompresi diambil dari kata bahasa Inggris yaitu *compression*, yang berarti pemampatan. Secara teknis, kompresi berarti memampatkan segala sesuatu yang berukuran besar sehingga menjadi lebih kecil. Jadi kompresi data berarti proses untuk memampatkan data agar ukurannya lebih kecil (Yustini, 2008).

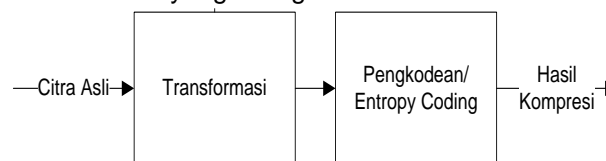
Dalam sebuah pengertian umum sebenarnya kompresi ini dapat diartikan bahwa sebuah data dapat dilakukan pengecilan dari kapasitasnya, dengan kata lain apabila melakukan penyimpanan *file*, tidak akan ragu untuk melakukan penyimpanan *file* pada tempat yang memiliki kapasitas melebihi data asli yang akan disimpan, dengan melihat besar dari kapasitas tempat dilakukannya proses penyimpanan tersebut (Yustini, 2008). Secara garis besar, kompresi merupakan proses untuk menghilangkan berbagai kerumitan yang tidak penting (redundansi) dari suatu informasi dengan cara memadatkan isi *file*, sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dengan memaksimalkan dan tetap menjaga kualitas penggambaran dari informasi tersebut (Yahya, 2011).

Dengan adanya pemampatan citra maka proses untuk mendapatkan citra dengan ukuran kecil dan memiliki kualitas yang baik dapat terpenuhi. Dalam pemampatan citra terdapat 2 teknik yang mendasar dalam proses pembuatannya. Adapun teknik pemampatannya yaitu:

1. Lossless Compression

Lossless Compression merupakan teknik pemampatan citra di mana hasil dekompresi dari citra yang terkompres

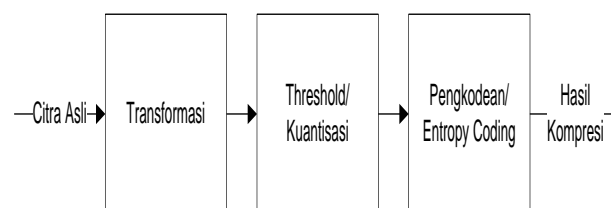
sama dengan citra aslinya, tidak ada informasi yang hilang.



Gambar 1. Skema Lossless Compression

2. Lossy Compression

Lossy Compression merupakan teknik pemampatan citra di mana hasil dekompresi dari citra yang terkompresi tidak sama dengan citra aslinya karena ada informasi yang hilang.



Gambar 2. Skema Lossy Compression

5. Wavelet Transform

Wavelet adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen frekuensi berbeda dan menganalisa setiap komponen tersebut menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. *Wavelet* merupakan gelombang kecil/singkat (*small/wave*) yang energinya terkonsentrasi pada suatu selang waktu dan dapat digunakan untuk menganalisa gejala transien, ketidakstasioneran, serta gejala terhadap perubahan waktu. Konsep dasar *wavelet* adalah melakukan analisa sesuai dengan skala data tertentu. Apabila suatu sinyal dianalisa dengan menggunakan jendela yang besar maka diperoleh gambaran yang kasar dan menyeluruh mengenai sinyal tersebut. Apabila dianalisa menggunakan jendela yang kecil maka diperoleh gambaran detail dari sinyal itu (Munandar dkk, 2011).

Metode *wavelet* mendekomposisi sinyal dalam komponen frekuensi dengan tetap mempertahankan informasi koordinat

spasial dari komponen frekuensi tersebut sehingga pada bagian detail citra invers atau hasil rekonstruksi tidak jauh berbeda dengan citra aslinya. Terdapat dua jenis transformasi *wavelet*, yakni *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* yang diturunkan dari *mother wavelet*. *Mother wavelet* merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet* karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan sehingga menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet* yang dihasilkan (Napitupulu, 2012). Fungsi dasar *wavelet* secara matematika dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right)$$

dimana

s = parameter penskalaan

τ = parameter translasi

Parameters menunjukkan lebar dari kurva *wavelet*. Parameter τ menunjukkan bahwa lokasi kurva *wavelet* terpusat pada interval ruang $t = \tau$. Mengubah-ubah parameters akan menghasilkan resolusi frekuensi yang berbeda.

Algoritma Kompresi/Dekomposisi Citra

Algoritma umum untuk kompresi image adalah:

1. Menentukan bitrate dan toleransi distorsi image dari inputan user.
2. Pembagian data image ke dalam bagian-bagian tertentu sesuai dengan tingkat kepentingan yang ada (**classifying**). Menggunakan salah satu teknik: DWT (Discrete Wavelet Transform) yang akan mencari frekuensi nilai pixel masing-masing, menggabungkannya menjadi satu dan mengelompokkannya sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Transformasi wavelet

LL		HL	
LH		HH	
(a) Single Level Decomposition			
LL	HL	HL	
LH	HH		
LH		HH	
(b) Two Level Decomposition			
LL	HL	HL	
LH	HH		
LH		HH	
(c) Three Level Decomposition			
LL	HL	HL	
LH	HH		
LH		HH	

Dimana LL : Low Low Frequency (most importance)

HL : High Low Frequency (lesser importance)

LH : Low High Frequency (more lesser importance)

HH : High High Frequency (most less importance)

Dalam suatu pengembangan dan pelaksanaan rekonstruksi gambar diperlukan perbandingan antara gambar hasil rekonstruksi dengan gambar asli. Ukuran umum yang digunakan untuk tujuan ini adalah Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Nilai PSNR yang lebih tinggi menyiratkan kemiripan yang lebih erat antara hasil rekonstruksi dan gambar asli. PSNR didefinisikan sebagai :

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{C_{max}^2}{MSE} \right)$$

Rumus perhitungan PSNR

Dimana MSE dinyatakan sebagai mean square error yang didefinisikan sebagai :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (S_{xy} -$$

Rumus menghitung MSE

Dimana x dan y adalah koordinat dari gambar, M dan N adalah dimensi dari gambar, S_{xy} menyatakan stego-image dan C_{xy} menyatakan cover-image. C_{max}^2 memiliki nilai maksimum dalam gambar, sebagai contoh :

$$C_{max}^2 \leq \begin{cases} 1, & \text{double-precision} \\ 255, & \text{uint8 bit} \end{cases} \quad (2.4)$$

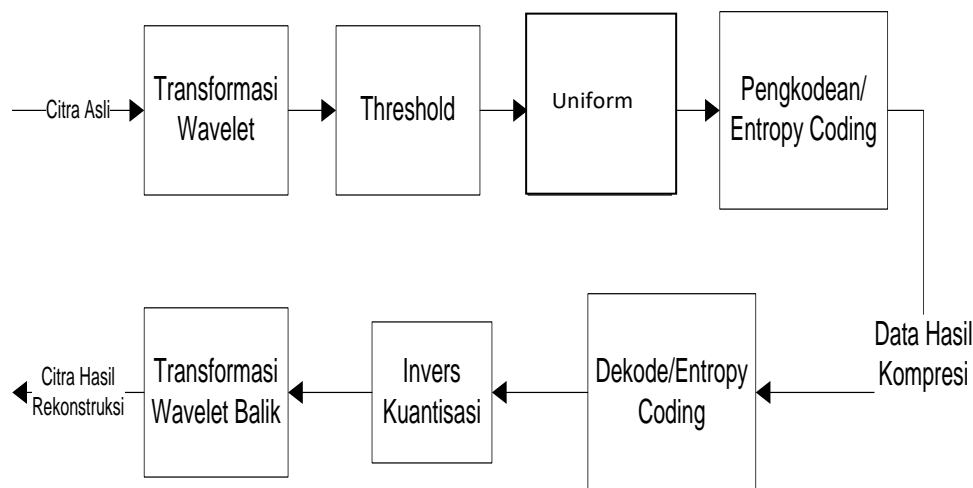
Rentang nilai minimal dan maksimal pada citra digital

Nilai terbaik PSNR

PSNR sering dinyatakan dalam skala logaritmik dalam decibel (dB). Nilai PSNR jatuh dibawah 30 dB mengindikasikan kualitas yang relative rendah, dimana distorsi yang dikarenakan penyisipan terlihat jelas. Akan tetapi kualitas image yang tinggi berada pada nilai 40dB dan diatasnya (Cheddad, 2010).

METODE PENELITIAN

Proses Penelitian



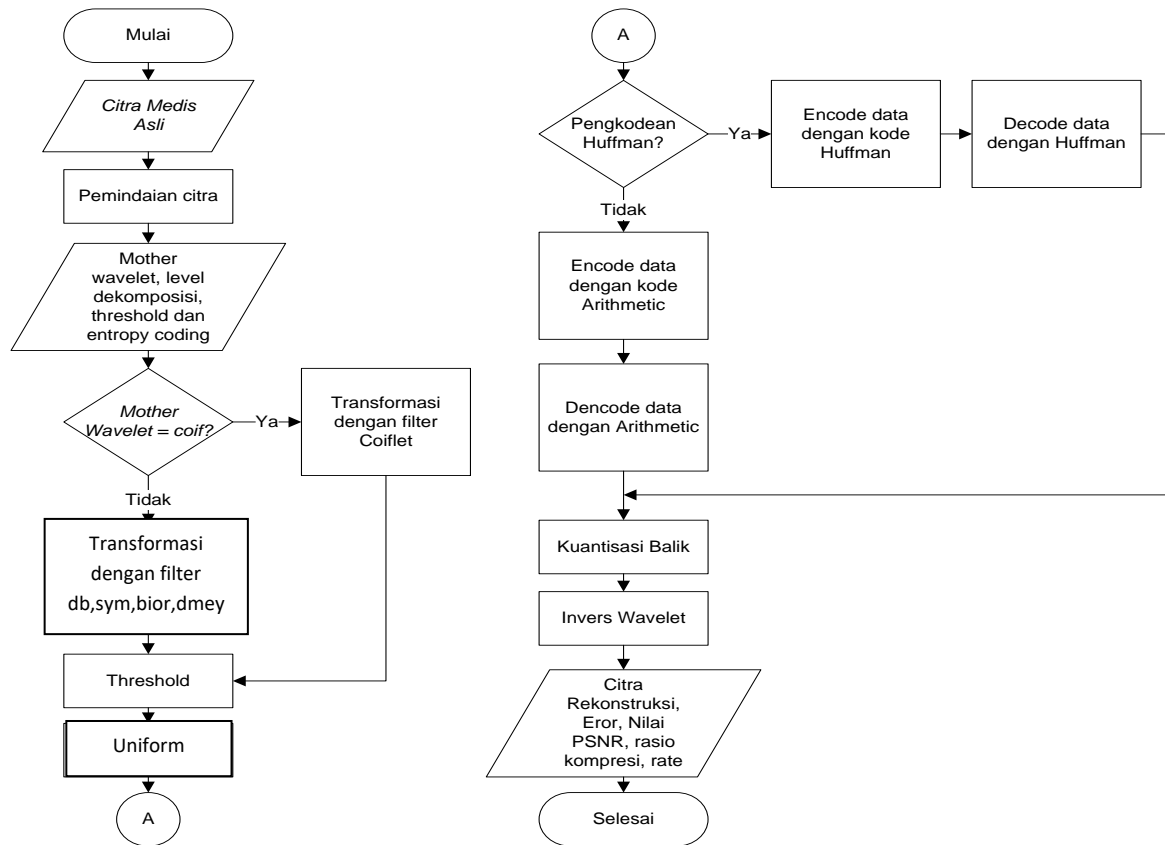
Gambar 3. Proses Kompresi Citra

Kompresi diawali dengan menginputkan citra asli, kemudian dipindai dengan teknik *scanning* agar dapat ditampilkan dalam bentuk matriks yang mewakili nilai derajat keabuan tiap piksel. Matriks tersebut ditransformasi menggunakan *wavelet* dengan dua jenis *filter digital*, yakni *low pass filter* dan *high pass filter*. *Low pass filter* digunakan untuk menganalisa data berfrekuensi rendah, sedangkan *high pass filter* menganalisa data berfrekuensi tinggi. Dari proses filterisasi tersebut, dihasilkan sebuah matriks transformasi baru yang kemudian diberikan nilai *threshold* dimana data dengan nilai lebih kecil dari *threshold* akan diubah menjadi nol. Nilai matriks keluaran *thresholding* akan diubah sesuai dengan level atau rentang yang ditetapkan, proses ini disebut sebagai kuantisasi. Matriks hasil kuantisasi dikodekan

menggunakan *entropy coding* sehingga representasi data yang baru memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan data citra awal. Untuk tahap dekompresi, inputan berupa data hasil kompresi yang kemudian didekodekan serta direkonstruksi menggunakan *inverse kuantisasi* dan *inverse wavelet*.

Alur Kompresi Citra Menggunakan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dengan Pengkodean Huffman dan Arithmetic

Pada Gambar terlihat bahwa proses kompresi diawali dengan menginputkan citra medis, kemudian dilakukan pemindaian untuk membaca nilai derajat keabuan pada setiap piksel citra.



Gambar 4. Alur Kompresi Citra

User menginputkan jenis *mother wavelet*, *level* dekomposisi, *threshold*, dan *entropy coding* yang digunakan. Inputan tersebut akan dibaca dan diolah oleh sistem sesuai algoritma yang diterapkan. Jika user memilih *mother wavelet* maka citra asli akan ditransformasikan dengan menggunakan filter yang di pilih. Banyaknya proses dekomposisi yang terjadi pada transformasi citra sesuai dengan nilai *level* dekomposisi yang dimasukan oleh user. Setelah proses transformasi dan dekomposisi usai, dilanjutkan dengan *thresholding* yang berfungsi untuk memperkecil ukuran *file*. Saat data citra transformasi bernilai lebih kecil dari *threshold* maka data diubah menjadi bernilai nol. Data hasil *thresholding* ini akan dikuantisasi dan dikodekan dengan salah satu teknik *entropy coding*. Jika user memilih teknik Huffman data citra akan dikodekan dengan menggunakan Huffman, jika tidak maka data citra dikodekan menggunakan teknik Arithmetic dan akhirnya dihasilkan sebuah matriks *compression code*. Ukuran dari matriks ini yang

dijadikan sebagai *rate* hasil kompresi di *encoder*.

Pada decoder, langkah pertama yakni mendekodekan data kompresi sesuai dengan teknik *entropy coding* yang dipilih pada proses sebelumnya. Jika pada kompresi digunakan teknik Huffman, maka pada dekompresi proses decode juga menggunakan teknik Huffman untuk membaca dan mendapatkan data hasil transformasi, jika tidak maka digunakan teknik Arithmetic. Setelah proses decode selesai, matriks tersebut akan di kuantisasi balik untuk mendapatkan kembali nilai matriks asli yang sama seperti sebelum proses kuantisasi pada *encoder* yang kemudian akan direkonstruksi. Proses rekonstruksi menggunakan *invers* dari *filter mother wavelet* yang sama pada proses kompresi guna menghasilkan data citra awal, jika *mother wavelet* yang dipilih adalah Coif maka citra direkonstruksi dengan menggunakan *inverse filter* Coiflet. Jika dipilih Sym maka citra direkonstruksi dengan *inverse*

filter Symlet dan seterusnya. Hasil rekonstruksi inilah yang merupakan citra hasil dekompresi/citra rekontruksi yang nantinya akan dianalisa rasio kompresi dan kualitasnya.

Entropy Encoding

Entropy Encoding adalah sebuah skema dari Lossless Compression yang independen terhadap karakteristik medium. Selain digunakan untuk mengkompres data digital, Entropy Encoding juga dapat digunakan untuk menentukan kesamaan antara data-data dalam stream. Dua teknik Entropy Encoding yang terkenal adalah Huffman Coding dan Arithmetic Coding.

Teknik Encoding Citra

Encoding adalah suatu proses yang dilakukan oleh sebuah perangkat baik perangkat lunak ataupun perangkat keras untuk melakukan pengkodean dalam bentuk format tertentu. Perangkat yang digunakan untuk melakukan proses *encoding* disebut dengan *encoder* atau *coder*. Bit data asli akan di-*encode* dengan menggunakan algoritma pengompresan tertentu sehingga ukuran data hasil kompresi menjadi lebih kecil dibandingkan ukuran aslinya. Lawan dari proses *encoding* adalah *decoding* yang merupakan proses penguraian kode dari data hasil *encoding*. Dalam *decoding*, data hasil kompresi dari proses *encoding* akan dikembalikan ke bentuk aslinya dengan menggunakan algoritma kompresi yang sesuai. Perangkat yang digunakan untuk melakukan proses *decoding* disebut dengan *decoder*.

Secara umum *encoding* citra dibagi menjadi dua jenis, yakni *variable length coding* dan *dictionary based coding*. *Base dictionary coding* merupakan teknik pengkodean data dengan menggantikan karakter/fragmen dalam *file input* dengan indeks lokasi dari karakter/fragmen tersebut dalam sebuah kamus. Salah satu teknik pengkodean yang banyak digunakan berdasarkan *dictionary based coding* adalah LZW (*Lempel-Ziv Welch*). LZW menggunakan sebuah kamus simbol yang berurutan, jika urutan tersebut diulang maka akan diganti

dengan suatu referensi ke posisi dalam kamus tersebut.

Variable length coding adalah teknik pengodean yang memberikan kode pada simbol untuk mencocokkan panjang kode dengan probabilitas dari simbol. *Encoding* ini biasa digunakan untuk kompresi data dengan mengganti simbol yang memiliki panjang kode sama dengan simbol diwakili oleh kode. Oleh karena itu, simbol yang paling umum menggunakan kode terpendek. Teknik pengkodean berdasarkan *variable length coding* adalah Huffman Coding, Arithmetic Coding, Shannon-Fano Coding dan Run-Length Encoding.

1. Metode Arithmetic Coding

Arithmetic coding merupakan metode untuk kompresi data *lossless* yang menggunakan variabel jumlah bit. Jumlah bit yang digunakan untuk menyandikan setiap simbol bervariasi sesuai dengan kemungkinan kemunculan simbol tersebut. *Arithmetic Coding* menggantikan satu deretan simbol input dengan sebuah bilangan *floating point*. Apabila semakin panjang dan semakin kompleks pesan yang dikodekan, maka akan semakin banyak bit yang diperlukan untuk keperluan tersebut.

Output dari *arithmetic coding* adalah sebuah angka yang lebih kecil dari 1 dan lebih besar atau sama dengan 0. Angka tersebut secara unik dapat di-*decode* sehingga menghasilkan deretan simbol yang dipakai untuk menghasilkan angka tersebut.

2. Metode Huffman Coding

Metode *huffman coding* merupakan salah satu metode yang terdapat pada teknik *entropy coding*. Dalam *huffman coding*, panjang blok dari keluaran sumber dipetakan dalam blok berdasarkan panjang variabel. Cara seperti ini disebut sebagai *fixed to variable-length coding*. Ide dasar dari cara *Huffman* ini adalah memetakan mulai simbol yang paling banyak terdapat pada sebuah urutan sumber sampai dengan yang jarang

muncul menjadi urutan biner 14. Dalam *variable-length coding*, sinkronisasi merupakan suatu masalah. Ini berarti

HASIL DAN PEMBAHASAN

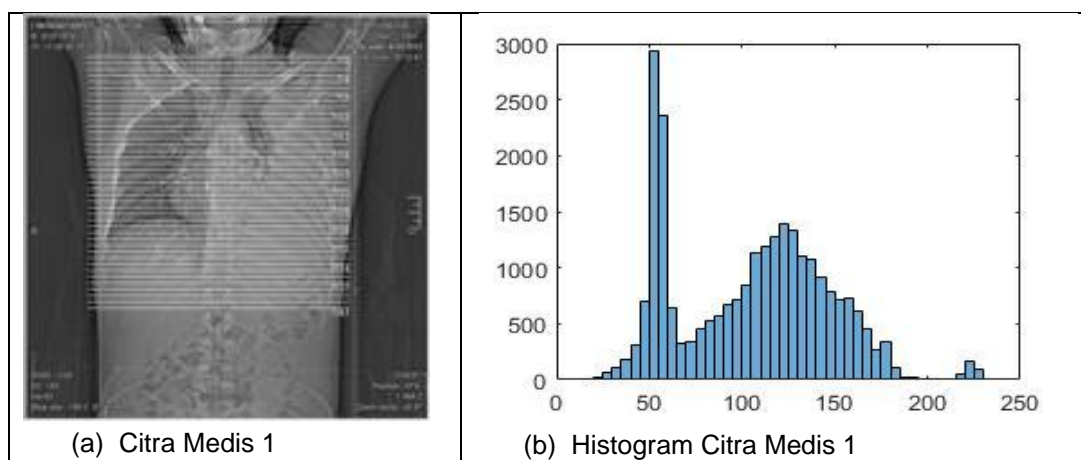
Pada bab ini akan diuraikan hasil penelitian kompresi citra medis menggunakan transformasi wavelet entropy coding dengan Huffman dan Arithmetic. Setiap citra medis diuji menggunakan 34 orde wavelet dengan pengaruh *threshold*, level dekomposisi, entropy coding. Berdasarkan hasil pengujian akan dilihat nilai PSNR yang terbesar. Dibahas pula mengenai pengaruh transformasi *wavelet*, pemilihan nilai *threshold*, dan teknik pengkodean data terhadap kualitas kompresi citra dengan nilai PSNR terhadap citra medis,

harus terdapat satu cara untuk memecahkan urutan biner yang diterima ke dalam suatu *codeword*.

orde wavelet yang diuji meliputi Daubechies 1 hingga Daubechies 10, Coiflet 1 hingga Coiflet 5, Symlet 1 hingga Symlet 10 serta Bior1.1, Bior1.3, Bior1.5, Bior2.2, Bior2.4, Bior2.6, Bior2.8, Bior3.1 dan Dmeyer.

Karakteristik Citra Medis

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan mengkompresi citra uji berupa citra medis. Citra medis 1 dan citra medis 2 merupakan citra hasil CT-scan sedangkan citra medis 3 citra hasil MRI. Masing-masing citra akan dilihat karakteristiknya berdasarkan grafik histogram.

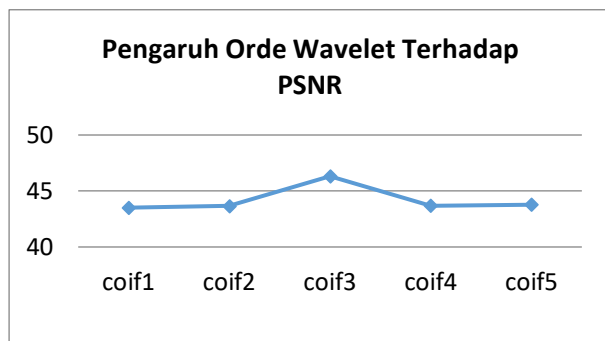


Gambar 5. Tampilan dan Histogram Citra Medis 1

Gambar tersebut merupakan histogram yang merepresentasikan distribusi nilai intensitas warna dari citra medis 1. Sumbu horizontal menampilkan rentang nilai piksel citra dari 0 sampai 255, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan jumlah kemunculan nilai piksel. Nilai piksel terbanyak berada pada frekuensi rendah berkisar diantara nilai 50 dengan jumlah kemunculan mencapai hampir 3000. Selain itu, cukup banyak terdapat piksel berfrekuensi tinggi berkisar antara 100 sampai 150 yang mengindikasikan bahwa citra medis 1 memiliki banyak informasi yang cenderung berwarna keabuan.

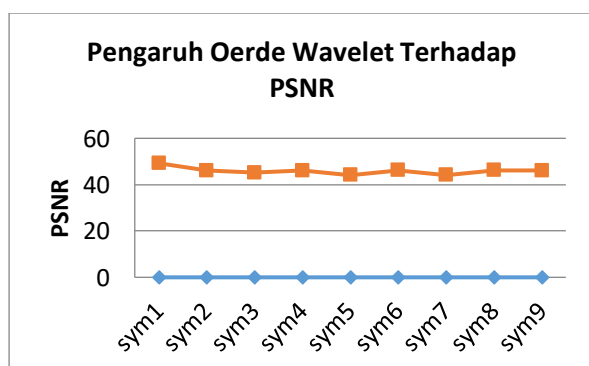
Analisa Pengaruh Orde Wavelet Kualitas Kompresi Citra

Parameter pengukuran kualitas kompresi citra yang digunakan pada analisa pemilihan orde *wavelet* ini adalah nilai PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*). Pengujian dilakukan dengan mentransformasikan citra medis 1 pada satu level dekomposisi dan nilai *threshold* 5.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Orde Wavelet Coiflet Terhadap PSNR

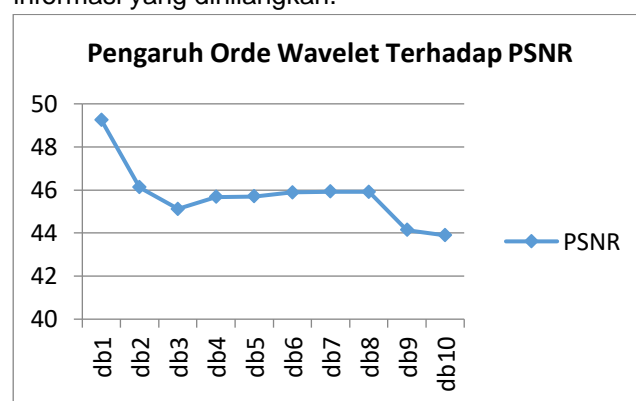
Dari grafik pada Gambar 4.4 dapat diketahui nilai PSNR terbaik terdapat pada coif 3 sebesar 46,31 dB dan nilai PSNR terkecil terdapat pada coif 1, yakni 43,51 dB. Selain itu, terlihat juga bahwa semakin besar orde Coiflet maka nilai PSNR semakin menurun akibat distorsi citra yang dipengaruhi oleh konstruksi orthogonal Coiflet yang memiliki respon fase tak linier sehingga tidak mampu mereduksi *noise*. Bertambahnya orde Coiflet diikuti dengan pertambahan panjang filter sehingga proses komputasi penskalaan serta translasi menjadi lebih kompleks yang berpengaruh pada persentase *energy compaction*. Besarnya persentase *energy compaction* mengindikasikan semakin banyak koefisien dengan amplitudo rendah yang diubah menjadi nol. Hal ini akan menghasilkan rasio kompresi yang baik namun menurunkan kualitas citra karena banyak informasi yang dihilangkan.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Orde Wavelet Symlet Terhadap PSNR

Dari grafik pada tersebut dapat diketahui nilai PSNR terbaik terdapat pada sym 1 sebesar 49,24 dB dan nilai PSNR terkecil terdapat pada

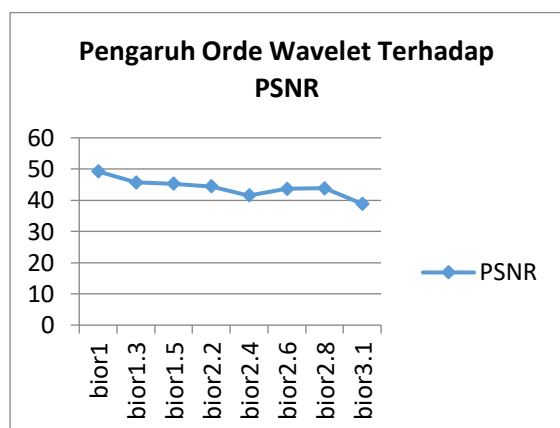
sym 7, yakni 44,08 dB. Selain itu, terlihat juga bahwa semakin besar orde symlet maka nilai PSNR semakin menurun akibat distorsi citra yang dipengaruhi oleh konstruksi orthogonal symlet yang memiliki respon fase tak linier sehingga tidak mampu mereduksi *noise*. Bertambahnya orde symlet diikuti dengan pertambahan panjang filter sehingga proses komputasi penskalaan serta translasi menjadi lebih kompleks yang berpengaruh pada persentase *energy compaction*. Besarnya persentase *energy compaction* mengindikasikan semakin banyak koefisien dengan amplitudo rendah yang diubah menjadi nol. Hal ini akan menghasilkan rasio kompresi yang baik namun menurunkan kualitas citra karena banyak informasi yang dihilangkan.



Gambar 8. Grafik Pengaruh Orde Wavelet Daubechies Terhadap PSNR

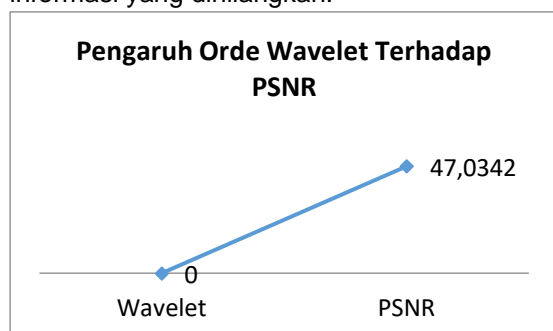
Dari grafik pada tersebut dapat diketahui nilai PSNR terbaik terdapat pada db1 sebesar 49,24 dB dan nilai PSNR terkecil terdapat pada db 10, yakni 43,89 dB. Selain itu, terlihat juga bahwa semakin besar orde Daubechies maka nilai PSNR semakin menurun akibat distorsi citra yang dipengaruhi oleh konstruksi orthogonal symlet yang memiliki respon fase tak linier sehingga tidak mampu mereduksi *noise*. Bertambahnya orde Daubechies diikuti dengan pertambahan panjang filter sehingga proses komputasi penskalaan serta translasi menjadi lebih kompleks yang berpengaruh pada persentase *energy compaction*. Besarnya persentase *energy compaction* mengindikasikan semakin banyak koefisien dengan amplitudo rendah yang diubah menjadi nol. Hal ini akan menghasilkan rasio kompresi yang baik namun

menurunkan kualitas citra karena banyak informasi yang dihilangkan.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Orde Wavelet Biorthogonal Terhadap PSNR

Dari grafik pada Gambar tersebut dapat diketahui nilai PSNR terbaik terdapat pada bior 1.1 sebesar 49,24 dB dan nilai PSNR terkecil terdapat pada bior 3.1 yakni 38,86 dB. Selain itu, terlihat juga bahwa semakin besar orde Biorthogonal maka nilai PSNR semakin menurun akibat distorsi citra yang dipengaruhi oleh konstruksi orthogonal symlet yang memiliki respon fase tak linier sehingga tidak mampu mereduksi *noise*. Bertambahnya orde Biorthogonal diikuti dengan pertambahan panjang filter sehingga proses komputasi penskalaan serta translasi menjadi lebih kompleks yang berpengaruh pada persentase *energy compaction*. Besarnya persentase *energy compaction* mengindikasikan semakin banyak koefisien dengan amplitudo rendah yang diubah menjadi nol. Hal ini akan menghasilkan rasio kompresi yang baik namun menurunkan kualitas citra karena banyak informasi yang dihilangkan.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Orde Wavelet Dmeyer Terhadap PSNR

Dari grafik pada Gambar tersebut dapat diketahui nilai PSNR dari Dmeyer 47.03dB. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, wavelet orthogonal akan menurunkan kualitas citra karena adanya distorsi citra terhadap koefisien DWT sama dengan jumlah distorsi dalam setiap *sub-band*. Wavelet biorthogonal akan menghasilkan kualitas citra lebih baik karena mampu mereduksi *noise* akibat respon fasenya bersifat linier.

Dari analisa pemilihan orde *wavelet* diatas, maka dalam penelitian ini dipilih coif 3, sym1,db1,bior1.1 dan dmey sebagai jenis DWT yang digunakan untuk mentransformasikan citra pada kompresi citra medis. Pemilihan jenis *wavelet* ini berdasarkan nilai PSNRnya yang mendekati nilai PSNR terbesar namun memiliki *energy compaction* yang lebih baik. Dengan pemilihan orde yang tepat diharapkan mampu mengurangi ukuran *file* citra namun tetap menjaga kualitas citra uji dan informasi penting didalamnya.

Evaluasi Hasil Pengujian

Dalam pengujian ini digunakan sepuluh *codec* berbeda untuk dianalisis kinerja kompresinya. *Codec* yang digunakan yakni:

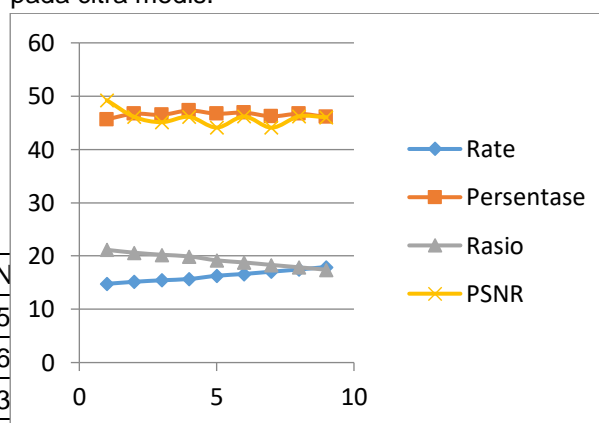
- Transformasi menggunakan Coiflet dengan pengkodean Huffman
- Transformasi menggunakan Coiflet dengan pengkodean Arithmetic
- Transformasi menggunakan Symlet dengan pengkodean Huffman
- Transformasi menggunakan Symlet dengan pengkodean Arithmetic.
- Transformasi menggunakan Daubechies dengan pengkodean Huffman
- Transformasi menggunakan Daubechies dengan pengkodean Arithmetic.
- Transformasi menggunakan Biorthogonal dengan pengkodean Huffman
- Transformasi menggunakan Biorthogonal dengan pengkodean Arithmetic
- Transformasi menggunakan Dmeyer dengan pengkodean Huffman
- Transformasi menggunakan Dmeyer dengan pengkodean Arithmetic

Arsitektur *codec* yang diuji mengacu pada citra medis dimana nilai *threshold* yang digunakan yakni 5. Pemilihan level dekomposisi satu dan *threshold* pengujian ini berdasarkan hasil uji coba tersendiri. Semakin besar level dekomposisi untuk mengkompresi citra maka nilai PSNRnya semakin turun karena banyak informasi hilang, namun rasio kompresi yang dihasilkan semakin baik. Untuk itu ditetapkan level dekomposisi dan nilai *threshold* yang mampu menghasilkan rasio kompresi yang cukup namun tetap dapat menjaga kualitas citra uji. Tabel-tabel berikut menunjukkan hasil pengujian pengaruh nilai *threshold* terhadap kinerja kompresi setiap *codec* pada masing-masing citra uji.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Kompresi pada Citra Medis

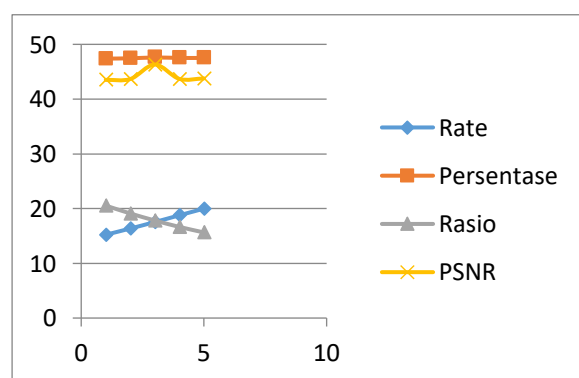
Wavelet	Rate	Persentase	Rasio	PSNR
coif1	15.2164	47.3937	20.537	43.5
coif2	16.3551	47.4533	19.1072	43.6
coif3	17.5375	47.6014	17.819	46.3
coif4	18.771	47.5214	16.648	43.6899
coif5	19.9814	47.5187	15.6395	43.7772

Rate, Persentase, Rasio, PSNR terhadap pengaruh level dekomposisi 1 nilai threshold 5 pada citra medis.



Gambar 12. Wavelet Symlet Level Dekomposisi 1

Rate, Persentase, Rasio, PSNR terhadap pengaruh level dekomposisi 1 nilai threshold 5 pada citra medis.



Gambar 11. Wavelet Coiflet Level Dekomposisi 1

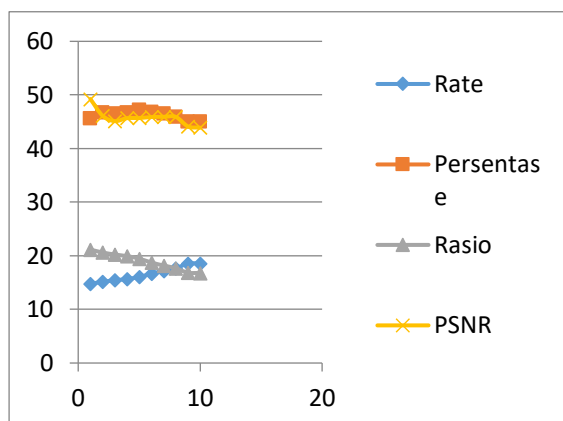
Tabel 3 Hasil Pengujian Kualitas Kompresi pada Citra Medis

Wavelet	Rate	Persentase	Rasio	PSNR
sym1	14.772	45.6563	21.1549	49.2427
sym2	15.1571	46.7002	20.6174	46.1185

Tabel 4 Hasil Pengujian Kualitas Kompresi pada Citra Medis

Wavelet	Rate	Persentase	Rasio	PSNR
db1	14.772	45.6563	21.1549	49.2427
db2	15.1571	46.7002	20.6174	46.1185
db3	15.4454	46.4827	20.2325	45.119
db4	15.6726	46.6976	19.9392	45.6768
db5	16.0509	47.2541	19.4693	45.6985
db6	16.6737	46.7993	18.7421	45.8846
db7	17.1875	46.4778	18.1818	45.9253
db8	17.6808	45.9506	17.6746	45.913
db9	18.5427	45.0058	16.853	44.1324
db10	18.6016	45.0574	16.7997	43.8931

Rate, Persentase, Rasio, PSNR terhadap pengaruh level dekomposisi 1 nilai threshold 5 pada citra medis.

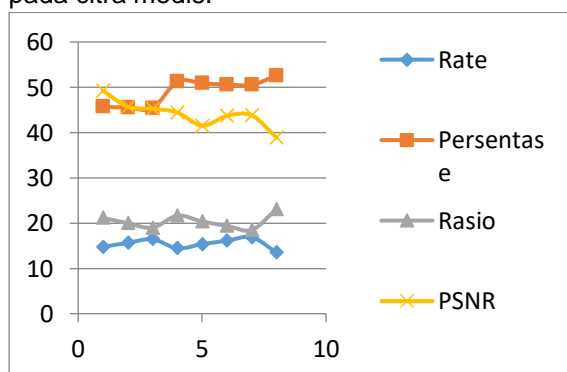


Gambar 13. Wavelet Daubhecies Level Dekomposisi 1

Tabel 5. Hasil Pengujian Kualitas Kompresi pada Citra Medis

Wavelet	Rate	Persentase	Rasio	PSNR
bior1	14.772	45.6563	21.1549	49.2427
bior1.3	15.6401	45.5272	19.9806	45.6962
bior1.5	16.4449	45.3904	19.0028	45.2564
bior2.2	14.442	51.2641	21.6383	44.4292
bior2.4	15.3578	50.8681	20.348	41.5235
bior2.6	16.1183	50.5949	19.3879	43.6956
bior2.8	16.8834	50.552	18.5093	43.7978
bior3.1	13.5297	52.572	23.0974	38.8657

Rate, Persentase, Rasio, PSNR terhadap pengaruh level dekomposisi 1 nilai threshold 5 pada citra medis.

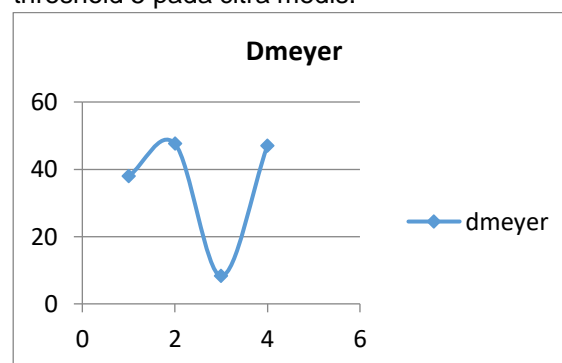


Gambar 14. Wavelet Biorthogonal Level Dekomposisi 1

Tabel 6. Hasil Pengujian Kualitas Kompresi pada Citra Medis

Wavelet	Rate	Persentase	Rasio	PSNR
dmeyer	37.8875	47.5976	8.2481	47.0342

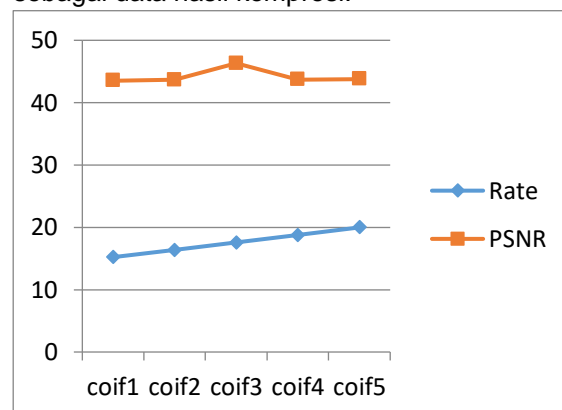
Gambar Rate, Persentase, Rasio, PSNR terhadap pengaruh level dekomposisi 1 nilai threshold 5 pada citra medis.



Gambar 15. Wavelet Dmeyer Level Dekomposisi 1

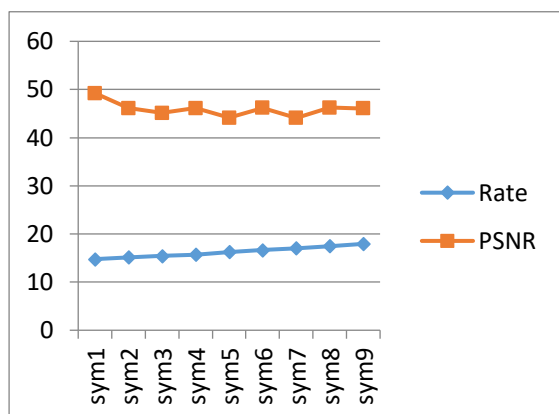
Analisa Rate Distortion

Pada sub-bab ini akan menganalisis hubungan antara *rate* dan PSNR setiap *codec* pada masing-masing citra yang ditunjukkan pada grafik *rate distortion*. *Rate* merupakan ukuran data yang dihasilkan pada *encoder* atau disebut sebagai data hasil kompresi.



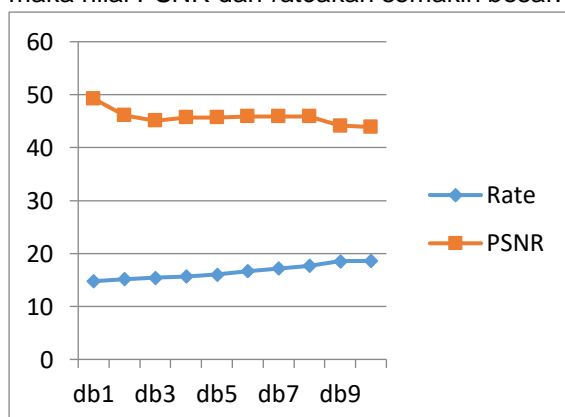
Gambar 16. Grafik Rate Distortion Citra Medis

Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara *rate* dan PSNR pada setiap *threshold*. Secara umum, semakin kecil nilai *threshold* maka nilai PSNR dan *rate* akan semakin besar.



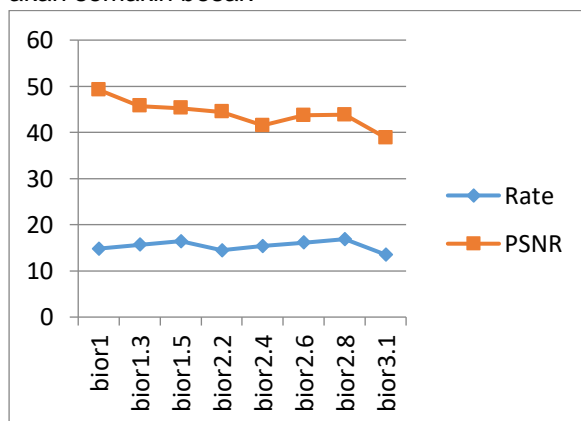
Gambar 17. Grafik Rate Distortion Citra Medis

Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara *rate* dan PSNR pada setiap *threshold*. Secara umum, semakin kecil nilai *threshold* maka nilai PSNR dan *rate* akan semakin besar.



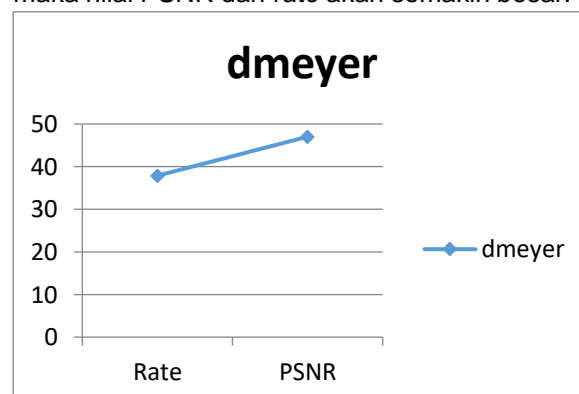
Gambar 18. Grafik Rate Distortion Citra Medis

menunjukkan hubungan antara *rate* dan PSNR pada setiap *threshold*. Secara umum, semakin kecil nilai *threshold* maka nilai PSNR dan *rate* akan semakin besar.



Gambar 19. Grafik Rate Distortion Citra Medis

Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara *rate* dan PSNR pada setiap *threshold*. Secara umum, semakin kecil nilai *threshold* maka nilai PSNR dan *rate* akan semakin besar.



Gambar 20 Grafik Rate Distortion Citra Medis

Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara *rate* dan PSNR pada setiap *threshold*. Secara umum, semakin kecil nilai *threshold* maka nilai PSNR dan *rate* akan semakin besar.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada kompresi citra medis menggunakan discrete wavelet transform dengan teknik pengkodean Huffman dan Arithmetic, yang dilakukan pada 34 codec kompresi/pemampatan citra medis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Realisasi skema kompresi citra medis menggunakan DWT dengan pengkodean Huffman dan Arithmetic menghasilkan *codec* berbeda. Semakin besar nilai *threshold* maka nilai PSNR dan jumlah bit akan semakin kecil karena informasi yang hilang akan semakin banyak yang kemudian menyebabkan citra semakin termampatkan dan menghasilkan ukuran data atau *size* yang kecil serta berdampak pada penurunan kualitas citra.
2. *Codec* dengan pengkodean Arithmetic menghasilkan *size* yang lebih kecil dibandingkan dengan *codec* yang menggunakan pengkodean Huffman karena memiliki perbedaan dasar algoritma pengkodean. Huffman mengkodekan

setiap koefisien kedalam bit yang panjangnya tergantung dari probabilitas kemunculan koefisien tersebut, sedangkan Arithmetic hanya mengkodekan *output* terakhir hasil komputasi aritmatika yang digunakan sebagai data hasil kompresi.

3. Kompresi citra medis dengan codec Symlet 1, Haar/Daubechies 1, Biorthogonal 1 dengan pengkodean Huffman dengan level dekomposisi 1 thresholding 5 memiliki nilai PSNR yang sama 49,24dB dan rasio kompresinya 21,15bpp sedangkan untuk nilai rasio kompresi terendah di miliki oleh Dmeyer 8,24bpp.
4. Skema kompresi citra medis menggunakan DWT dengan pengkodean Huffman dan Arithmetic menghasilkan codec berbeda. Semakin besar nilai threshold maka nilai PSNR dan jumlah bit akan semakin kecil karena informasi yang hilang akan semakin banyak yang kemudian menyebabkan citra semakin termampatkan dan menghasilkan ukuran data atau size yang kecil serta berdampak pada penurunan kualitas citra. Pada setiap codec dilakukan thresholding dengan nilai threshold 5. Proses threshold dan kuantisasi pada skema ini menjadi kunci terjadinya lossy compression.

Saran

Pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan untuk citra medis dengan jenis yang lain, sehingga kinerja DWT dengan entropy coding pada citra medis dapat diketahui lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir & Adhi Susanto. 2012. Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Penerbit Andi Yogyakarta
- Agrawal, J.P. & Vijay. R. 2012. Wavelet compression of CT medical images. International Journal of Scientific Research Engineering & Technology, 1(3), 045-051.
- Anwar,K.,Sugiharto,A.&Sasongko,P.S.(2008). Kompresi citra medis menggunakan discrete wavelet transform (DWT) dan embedded zerotree wavelet (EZW). Jurnal Matematika UNDIP, 11(2), 73-77.
- Arief Budiman. 2013. Kompresi Citra Medis Menggunakan Metode Wavelet. Agri-tek Volume 14 Nomor 2 September 2013.
- Bairagi, V. K. & Sapkal, A. M. (2013). ROI-based DICOM image compression for telemedicine. Sādhanā, 38(1), 123–131.
- Chakraborty, D. & Banerjee, S. 2011. Efficient lossless colour image compression using run length encoding and special character replacement. International Journal on Computer Science and Engineering, 3(7), 2719-2725.
- I Made Ari Di Suta Atmaja. 2018. Kompresi Citra Medis menggunakan Packet Wavelet Transform dan Run Length Encoding. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali
- Ji-Sang Bae, Oh-Young Lee, Jong-Ok Kim. 2013. Image Interpolation Using Gabor Filter. School of Electrical Engineering Korea University, Seoul, Korea.
- K. Gopi, T.R. Shri, "Medical Image Compression Using Wavelet," IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP), vol. 2 no. 4, pp 01-06, May-Jun. 2013.
- Kumar, E. P. & Sumithra, M. G. (2013). Medical image compression using integer multi wavelets transform for telemedicine applications. International Journal Of Engineering And Computer Science, 2(5), 1663-1669.
- Prasetyo, Cahyo Hendi and , Ratnasari N R, . and , Muhammad Kusban, . (2013) Kompresi Citra dengan Metode Arithmetic Coding dalam Kawasan Entropy Coding. Diploma thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ramesh, S.M., & Shanmugam, A. (2010). Medical image compression using wavelet Decomposition for prediction method. International Journal of Computer Science and Information Security, 7(1), 262-265.
- Randy Hamzah Hardianto, Ledya Novamizanti, Anggunmeka Luhur Prasasti. 2017.

- Implementasi dan Analisis Kompresi Hybrid pada Citra Medis Digital Hasil Rontgen Kanker Payudara, Prodi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- R.H. Sianipar, Herry.S.Mangiri, I.K.Wiryajati. MATLAB untuk Pemrosesan Citra Digital, Penerbit INFORMATIKA Bandung
- Ruchika, Singh, M. & Singh, A. R. 2012. Compression of medical images using wavelet transforms. International Journal of Soft Computing and Engineering, 2(2), 339-34.
- Ulfa L. & Salsabila, N. H. 2017. Penggunaan metode run length encoding untuk kompresi data. Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika UNY. 273-280.
- Xiaofeng Wu, Shigang Hu, Zhiming Li, Zhijun Tang, Jin Li, Jin Zhao. 2014. Comparisons of Threshold EZW and SPIHT Wavelets Based Image Compression Methods. School of Information Science and Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China, pp. 1895-1905