

# Analisis Kualitas Citra Medis Terkompresi JPEG

Derry Suaia<sup>1</sup>, Oka Widyantara<sup>2</sup>, Rukmi Hartati<sup>3</sup>

[Submission: 30-04-2019, Accepted: 04-07-2019]

**Abstract**—Image compression technology is a basic step to compress images so that they can be transmitted more quickly and save spaces in storage media. This is a breakthrough that was created in 1920. Various studies on image compression technology have been carried out including by research related to compression that has been carried out, such as [1], [2]. From the results of previous research shows that image processing can be used to improve image quality so that it can analyze and identify medical images properly. Based on this, researchers are interested in conducting research on the compression process in medical images using the JPEG method by optimizing the compression of X-Ray images in order to determine the optimal compression ratio of medical images based on the best PSNR values from image compression. This study uses X-Ray image data as input data, where the image will be searched for the optimal compression ratio of 9 compression ratios (10% -90%). A total of 10 test datas were used. From the results of testing the system using test images, it can be seen that the characteristics of PSNR are able to determine the compression ratio of medical images optimally. The higher the image compression ratio applied to the test image, the higher the quality of the reconstructed image.

**Intisari**—Teknologi kompresi citra merupakan langkah dasar untuk memampatkan citra sehingga mampu ditransmisikan dengan lebih cepat dan menghemat ruang penyimpanan dalam media penyimpan. Hal ini merupakan sebuah terobosan yang diciptakan pada tahun 1920. Berbagai penelitian mengenai teknologi kompresi citra sudah dilakukan diantaranya oleh Penelitian terkait dengan kompresi sudah banyak dilakukan, antara lain [1], [2]. Dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengolahan citra dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra sehingga dapat menganalisis dan mengidentifikasi citra medis dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian mengenai proses kompresi pada citra medis menggunakan metode JPEG dengan mengoptimasi kompresi citra X-Ray dengan tujuan untuk menentukan rasio kompresi optimal dari citra medis berdasarkan nilai PSNR terbaik dari hasil kompresi citra. Penelitian ini menggunakan data citra X-Ray sebagai data input, dimana citra tersebut akan dicari rasio kompresi optimalnya dari 9 rasio kompresi (10%-90%). Sebanyak 10 data uji digunakan. Dari hasil pengujian sistem menggunakan citra uji, dapat dilihat bahwa karakteristik PSNR mampu menentukan rasio kompresi citra medis secara optimal. dan semakin tinggi rasio kompresi citra yang diterapkan pada citra uji, maka semakin tinggi kualitas dari citra

hasil rekonstruksi.

**Kata Kunci**— JPEG, kompresi, citra, X-Ray.

## I. PENDAHULUAN

Teknologi kompresi mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal ini ditunjukkan dengan pemanfaatan kompresi citra dalam berbagai persoalan, diantaranya keperluan medis, forensik, hingga kebutuhan sosial masyarakat. Penggunaan file multimedia seluruhnya menggunakan basis *text*, *audio*, *video*, maupun citra digital. Penyimpanan data dalam bentuk digital terutama dalam dunia medis sudah sangat diperlukan, sehingga sebagian besar rumah sakit menggunakan komputer dalam pengolahan citra medis. Citra medis merupakan gambaran dari tubuh manusia, bagian dari fungsi tubuh untuk tujuan klinis (mendiagnosa dan memeriksa penyakit) [3]. Di bidang kedokteran citra medis pada umumnya mempunyai histogram yang cenderung berada disekitar *dark* nilai pada aras keabuan sehingga pemanfaatan pengolahan citra digital dirasakan belum optimal, padahal dengan menggunakan utilitas ini dapat membantu para professional radiolog dalam menentukan diagnostik suatu kelainan akibat kerusakan jaringan [4].

Oleh karena itu citra medis merupakan informasi yang sangat penting. Namun permasalahan yang sering terjadi adalah ukuran file yang digunakan terkadang cukup besar, yang disebabkan oleh durasi, kualitas, maupun tingkat kompleksitas file tersebut. Permasalahan ini merupakan salah satu isu utama dalam melakukan *file transfer* terhadap suatu data, representasi file multimedia, maupun kapasitas media penyimpanan (*media storage*) [5]. Kapasitas saluran komunikasi yang ada berada jauh dari *rate* citra sumber merupakan permasalahan utamanya. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah teknik yang mampu untuk menurunkan kapasitas file. Teknik tersebut adalah metode kompresi digital, dimana ukuran file yang besar tersebut dapat dimampatkan (*compress*) sehingga menghasilkan file dengan ukuran lebih kecil.

Metode kompresi citra memiliki berbagai jenis diantaranya *Portable Network Graphic* (PNG), *Graphic Interchange Format* (GIF) dan *Joint Photographic Experts Group* (JPEG). Dalam penelitian ini menggunakan metode kompresi citra JPEG untuk mengoptimasi kompresi citra X-Ray agar ukuran file terkompresi namun tidak menghilangkan kandungan informasi didalamnya. Oleh karena itu, proses identifikasi kualitas citra X-Ray mutlak diperlukan untuk membantu tenaga medis mengambil keputusan dalam menangani permasalahan pasien. Penelitian terkait dengan kompresi sudah banyak dilakukan, antara lain penelitian menggunakan metode *Huffman*, *Run Length Encoding* dan *Lempel Ziv Welch*,

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. WR Supratman, Denpasar 80361 (telp: 082247410742; fax:-; e-mail: [astamarista@gmail.com](mailto:astamarista@gmail.com))

<sup>2,3</sup> Dosen, Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Jln. kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: <sup>2</sup>[oka.widyantara@unud.ac.id](mailto:oka.widyantara@unud.ac.id), <sup>3</sup>[rshartati@gmail.com](mailto:rshartati@gmail.com))



berdasarkan penelitian tersebut semua citra hasil dekompresi dapat dianalisa sehingga menunjukkan ada nilai MSE dan PSNR nya [1]. Selain itu penelitian menggunakan metode peregangan kontras berbasis image, dimana hasil penelitian mampu untuk membedakan normal *MRI* dan abnormal *MRI* [2]. Dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengolahan citra dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra sehingga dapat menganalisis dan mengidentifikasi citra medis dengan baik. Penelitian ini menggunakan metode JPEG untuk mengoptimasi kompresi citra *X-Ray* dengan tujuan menghasilkan ukuran file yang relatif lebih kecil, namun masih mengandung informasi yang cukup dalam proses pengambilan keputusan, berdasarkan karakteristik informasi yang tersedia. Keuntungan dari citra *X-Ray* adalah citra dari pasien mudah diobservasi, bias diterapkan teknik pengolahan citra dalam peningkatan kualitas gambar dapat disimpan dengan mudah sebagai basis data untuk pembelajaran maupun acuan diagnosis serta dapat dipertukarkan dengan mudah melalui internet [6].

Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian mengenai proses kompresi pada citra medis menggunakan metode JPEG dengan mengoptimasi kompresi citra *X-Ray* dengan tujuan untuk menentukan rasio kompresi optimal dari citra medis berdasarkan nilai PSNR terbaik dari hasil kompresi citra.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Kompresi Citra JPEG

Kompresi citra JPEG merupakan salah satu metode kompresi yang berbasis DCT (*Discrete Cosine Transform*). Desain kompresi ini memiliki keunggulan yang mampu melakukan proses kompresi pada citra diam berwarna [7]. Kompresi citra bertujuan untuk mengurangi jumlah data yang dibutuhkan untuk merepresentasikan sebuah citra digital.

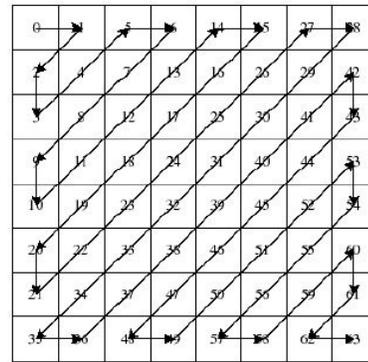
Dalam kompresi JPEG *lossy*, nilai informasi yang terdapat pada citra output akan berkurang. Informasi yang dibuang pada proses ini adalah koefisien DCT frekuensi tinggi. Bagi mata manusia, pembuangan frekuensi tinggi tidak berpengaruh pada citra yang diamati [8]. Operasi kompresi meliputi DCT-2D dilanjutkan dengan kuantisasi, zig-zag dan penyandian entropi.

### B. Operasi Kuantisasi

Dasar operasi kuantisasi ini biasanya disebut dengan *baseline coding*. Dalam mode ini, gambar dipartisi menjadi blok-blok  $1024 \times 1024$  *pixel* dari kiri ke kanan dan atas ke bawah. Setiap blok kode DCT, dan sebanyak 64 transformasi koefisien dikuantisasi dengan kualitas yang diinginkan. Koefisien yang dikuantisasi lalu dikodekan menggunakan kode entropi dan *output* sebagai bagian dari data gambar dikompresi, sehingga meminimalkan kebutuhan penyimpanan.

### C. Operasi Zig-Zag

Data hasil kompresi akan dikeluarkan secara sekuensial pada kompresi JPEG standar. Urutan pengeluaran data disusun secara zig-zag [8]. dan secara grafis ditunjukkan oleh Gambar 1 dengan visualisasi output pada Gambar 2.



Gambar 1: Proses Zig-Zag Scan Pada Citra 8x8

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	41	43
9	11	18	24	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	38	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	61
35	36	48	49	57	58	62	63

Gambar 2 : Visualisasi Output Data Zig-Zag Secara Numeris

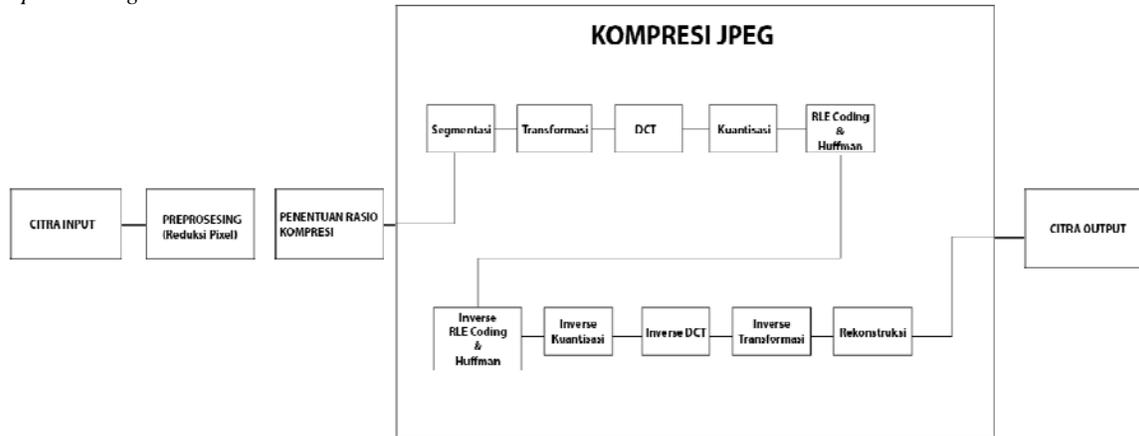
### D. Entropy Coding

Koefisien yang menjadi output unit zig-zag akan dijadikan input bagi unit *entropy coding*. Pada bagian inilah proses kompresi data berlangsung. Kode yang digunakan dalam penyandian koefisien adalah kode *Huffman*. Kode *Huffman* secara eksplisit memetakan simbol input pada suatu kata sandi. Simbol input yang mempunyai peluang paling besar dikodekan dengan kata sandi yang paling pendek. Sementara itu, simbol input dengan peluang terkecil dikodekan dengan kata sandi yang panjang. Penyandian *Huffman* untuk JPEG tidak dilakukan melalui operasi matematis atau perhitungan probabilitas, melainkan langsung menggunakan suatu *look-up table* [9].

## III. METODE PENELITIAN

### A. Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap awal dimana bertujuan untuk melakukan pemahaman terhadap teori kepustakaan mengenai kompresi citra, pemrosesan citra digital, dan algoritma kompresi JPEG yang bertujuan untuk mendukung proses dan pelaksanaan penelitian ini. Studi literatur adalah pengumpulan data ataupun referensi mengenai teori yang akan dipakai sebagai acuan terhadap penelitian yang direncanakan [10]. Dalam penelitian ini, referensi didapat dari jurnal, artikel laporan penelitian dan buku yang berhubungan dengan penelitian.



Gambar 3 : Visualisasi Skema Kompresi JPEG yang Diusulkan

Secara umum, teknik kompresi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu metode *lossless* dan *lossy* [11]. JPEG merupakan salah satu teknik kompresi *lossy*, dimana memiliki keunggulan menghasilkan data terkompres yang lebih kecil namun masih tetap memenuhi syarat untuk digunakan [12]. Teknik kompresi ini mampu mengompres objek dengan tingkat kualitas sesuai dengan pilihan yang disediakan. [13].

Penentuan rasio merupakan sebuah cara untuk menentukan kinerja dari metode kompresi [14]. Penelitian ini menggunakan 10 data set yang dikompres sebanyak 9 kali dengan rasio 10%-90% kemudian diukur nilai PSNR dan MSE per masing-masing kompresi.

#### B. Implementasi Algoritma

Dalam tahap ini dilakukan perencanaan penerapan algoritma yang akan digunakan dalam uji coba. Proses perencanaan ini bertujuan untuk mensimulasikan algoritma yang akan digunakan dalam penelitian. Rancangan sistem yang diusulkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

#### C. Uji Coba

Dalam tahap ini, implementasi dari algoritma yang dirancang dalam tahap sebelumnya diuji untuk memenuhi kriteria optimal berdasarkan dengan nilai PSNR dan ukuran citra dari *output* dalam kompresi citra yang dilakukan menggunakan algoritma terkait.

#### D. Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data serta proses identifikasi terhadap citra yang akan dikompres. Tahap ini membantu peneliti untuk memahami data yang akan dikompresi serta memberikan gambaran akan hasil dari penelitian secara umum.

JPEG adalah salah satu jenis dari teknik kompresi *lossy*. Algoritma ini memiliki 2 tahap, pertama, adalah tahap *encoding* yang merupakan proses untuk mengubah sinyal asal

kedalam bentuk data yang selanjutnya akan diolah. Kedua, adalah tahap *decoding*, adalah proses data yang diubah dalam proses sebelumnya sehingga dapat dipahami oleh penerima.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif, dimana metode ini dilakukan dengan cara identifikasi, observasi, dan simulasi penerapan metode klasifikasi kompresi JPEG Nilai PSNR merupakan dasar dari penentuan nilai kompresi optimal. *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur besarnya derau (*noise*) yang berpengaruh pada sinyal tersebut [15]. Persamaan (1) merupakan perhitungan PSNR dari suatu gambar.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (1)$$

Dimana 255 merupakan nilai maksimum dari suatu pixel, MSE (*Mean Square Error*) merupakan nilai error kuadrat rata-rata dari citra asli dengan citra sisipan. Perhitungan MSE dapat dilihat pada (2).

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (S_{xy} - C_{xy})^2 \quad (2)$$

Dimana x dan y merupakan koordinat dari gambar, dimensi gambar merupakan definisi dari M dan N, serta  $S_{xy}$  adalah citra sisipan dan  $C_{xy}$  adalah citra asli sebelum dikompres.

#### E. Inputan Citra

Dalam penelitian ini digunakan input 10 citra uji, dimana masing-masing citra input memiliki karakteristik dan komposisi warna yang sama, sehingga mampu memberikan data sesuai dengan kebutuhan sistem uji. Citra yang digunakan dalam tahap preprosesing ini adalah citra dengan format .TIF, yang merupakan keluaran dari aplikasi XC

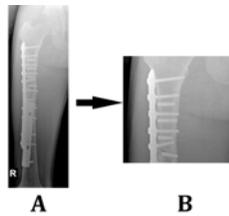


DICOM™ dan digunakan dalam pengambilan citra X-Ray, untuk selanjutnya diproses dengan keluaran format “.bmp”. Proses reduksi citra input dapat dilihat pada Gambar 4,

dimana citra input X-Ray gray scale yang memiliki nilai pixel beragam, direduksi sehingga menjadi 1024x1024 pixel.

TABEL I  
DATA NILAI PSNR DARI MASING-MASING CITRA UJI

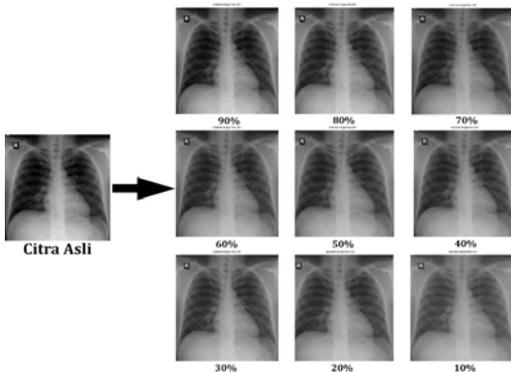
No	Nama	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
		PSNR								
1	Citra 1	79.3709	80.3557	79.6125	82.6207	82.8895	85.4237	86.8542	90.4305	92.7582
2	Citra 2	75.8237	77.6434	80.0044	80.7017	82.3202	82.3255	82.8151	84.6530	86.6901
3	Citra 3	61.2672	61.7866	61.8022	61.1066	61.6219	62.2133	61.9763	62.0233	62.2031
4	Citra 4	72.1759	72.1057	76.5267	78.8744	78.8703	79.4900	81.5386	76.9339	83.6482
5	Citra 5	68.3390	69.5635	70.0054	73.1173	70.7475	73.4383	73.0430	75.2108	81.6422
6	Citra 6	71.2152	71.0142	73.2839	72.9774	72.4526	74.5621	76.4321	78.7364	82.1083
7	Citra 7	69.6697	69.2300	71.0493	69.7889	69.7941	74.7009	75.4881	77.9086	78.6593
8	Citra 8	66.9193	70.9659	71.2712	72.5374	73.0785	73.1389	73.3964	74.9174	81.2698
9	Citra 9	66.2525	67.5571	67.9233	71.9488	72.9528	72.7716	69.5283	74.2685	78.2194
10	Citra 10	67.2965	71.6864	74.1104	72.2695	72.6937	73.6161	75.9465	75.7408	82.6822
<b>Rata-Rata</b>		<b>69.8330</b>	<b>71.1908</b>	<b>72.5589</b>	<b>73.5943</b>	<b>73.7421</b>	<b>75.1680</b>	<b>75.7019</b>	<b>77.0823</b>	<b>80.9881</b>



Gambar 4 : Contoh Tahap Reduksi Pixel Citra Uji

F. Penentuan Rasio Kompresi

Penentuan rasio kompresi merupakan langkah yang dilakukan setelah menentukan input citra latih. Proses kompresi citra dilakukan sebanyak sembilan kali dengan menggunakan sembilan rasio yaitu rasio 10% hingga 90% yang ditunjukkan pada Gambar 5. Langkah selanjutnya adalah mencatat nilai PSNR dan nilai MSE dari masing-masing citra terkompresi. Penentuan rasio kompresi ditentukan berdasarkan nilai PSNR tertinggi dan nilai MSE terendah [16].



Gambar 5 : Contoh Tahap Kompresi 10%-90%

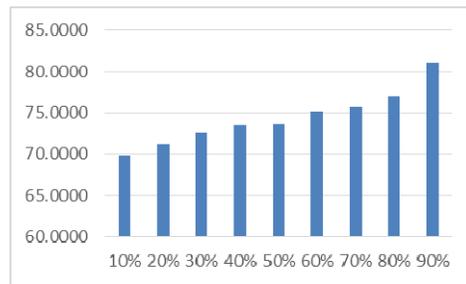
G. Rekonstruksi Citra Berdasarkan Algoritma JPEG

Proses akhir adalah proses rekonstruksi citra dalam format JPEG. Dari hasil tersebut dapat dilihat dan dianalisis kualitas dari citra yang dikompresi sesuai dengan rasio kompresi dengan hasil rekonstruksi yang memiliki nilai PSNR terbaik.

IV. ANALISA DATA

Hasil uji coba 10 citra medis diatas menunjukkan perubahan nilai PSNR yang meningkat secara konstan. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan rata-rata perubahan nilai PSNR dari Tabel I.

Dari hasil rata-rata 10 citra uji menghasilkan nilai PSNR yang berbanding lurus dengan peningkatan rasio kompresi. Gambar 4 merupakan grafik dari Nilai PSNR rata-rata setiap rasio kompresi. Selain PSNR, nilai MSE juga dicatat dan diamati. Data MSE merupakan dasar dalam perhitungan PSNR sesuai dengan rumus dalam (1). Nilai MSE merupakan nilai error dari citra hasil rekonstruksi, dimana nilai tersebut berpengaruh pada penentuan rasio kompresi optimal menggunakan algoritma JPEG. Sehingga nilai MSE yang baik adalah nilai yang terkecil dari masing-masing hasil kompresi citra uji. Gambar 5 merupakan grafik dari nilai MSE rata-rata setiap rasio kompresi.



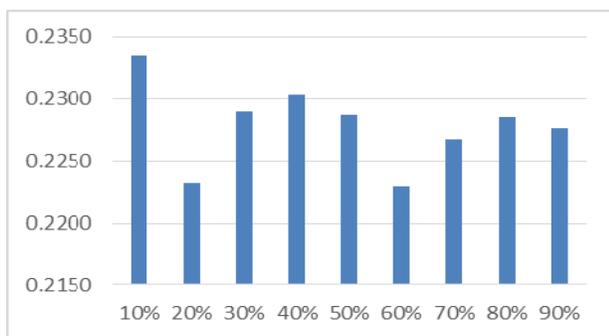
Gambar 4 : Hasil Perhitungan Rata-rata PSNR Citra Uji (dB)

Dari hasil pengamatan pada Gambar 4 dan Gambar 5, nilai PSNR terbaik berada pada Rasio kompresi 90%, dengan rata-rata rasio kompresi 80,9881 dB dan nilai rata-rata MSE

0,2776. Pada rasio 20%, nilai rata-rata MSE merupakan nilai terkecil, namun nilai PSNR pada rasio 90% merupakan nilai PSNR terbaik. Sehingga Rasio kompresi terbaik untuk citra medis dapat ditentukan pada rasio 90% berdasarkan nilai PSNR hasil kompresi citra tersebut.

TABEL III  
 DATA NILAI MSE DARI MASING-MASING CITRA UJI

No	Nama	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
		MSE								
1	Citra 1	0.3470	0.3429	0.3364	0.3466	0.3455	0.3522	0.3544	0.3601	0.3596
2	Citra 2	0.2139	0.2114	0.2198	0.2227	0.2260	0.2243	0.2275	0.2254	0.2257
3	Citra 3	0.2666	0.2555	0.2554	0.2725	0.2601	0.2462	0.2519	0.2508	0.2470
4	Citra 4	0.3741	0.3688	0.4024	0.4162	0.4106	0.4137	0.4221	0.3994	0.4244
5	Citra 5	0.1574	0.1489	0.1540	0.1405	0.1541	0.1321	0.1508	0.1475	0.1383
6	Citra 6	0.3163	0.2953	0.3290	0.3208	0.3078	0.3169	0.3228	0.3378	0.3440
7	Citra 7	0.1613	0.1689	0.1633	0.1714	0.1744	0.1461	0.1483	0.1474	0.1507
8	Citra 8	0.2532	0.2253	0.2279	0.2153	0.2090	0.2017	0.1872	0.2232	0.2069
9	Citra 9	0.0690	0.0630	0.0643	0.0503	0.0487	0.0499	0.0605	0.0500	0.0458
10	Citra 10	0.1760	0.1514	0.1375	0.1467	0.1514	0.1472	0.1413	0.1441	0.1340
Rata-Rata		0.2335	0.2231	0.2290	0.2303	0.2288	0.2230	0.2267	0.2286	0.2276



Gambar 5 : Hasil Perhitungan Rata-rata MSE Citra Uji

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba algoritma JPEG dengan menggunakan sistem terhadap data uji citra X-Ray, dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu melakukan kompresi JPEG pada citra X-Ray, dimana rasio kompresi terbaik terdapat pada rasio kompresi 90%. Hal ini disebabkan nilai PSNR dan MSE terbaik terdapat pada rasio tersebut, yaitu sebesar 80.9881 dB.

## REFERENSI

- Anandita, IB., Aris, Indrawan. 2018. Analisis Kinerja dan Kualitas Hasil Kompresi Pada Citra Medis Sinar X Menggunakan Algoritma Huffman, Lempel Ziv Welch dan Run Length Encoding. *Sintech Journal*, Vol: 1, No. 1 April 2018.
- Budiani, D., Andi Kurniawan, Sri. 2018. Analisa Citra Medis Pada Pasien Stroke dengan Metode Peregangkan Kontras Berbasis ImageJ. *Jurnal eLektikal*, Vol: 10, No 1, Tahun 2018, hal 15-18.
- Lussy. 2017. "Perbaikan Kualitas Citra Medis Menggunakan Metode Difusi Nonlinear Anisotropik". (*Skripsi*). Universitas Andalas
- Nurhayati, OD., A., Susanto. 2008. The Application of a Proper Segmentation Method In The Analysis Of Head CT Scan Images. *International Joint Symposium Frontier in Biomedical Sciences: From Genes to Applications*, UGM Yogyakarta.
- Krasmala, R., Budimansyah, A., dan Lenggana. 2017. Kompresi Citra Dengan Menggabungkan Metode Discrete Cosine Transform (DCT) dan Algoritma Huffman. *JOIN*, Vol: 2, No. 1 Juni 2017.
- Susila, Wiranto, Istofa. 2013. Karakterisasi Flat-Panel Detector Untuk Pesawat Sinar-X Digital. *Jurnal Prima*, Vol: 10, No. 2 November 2013.
- Munir, R. dkk. 2003. Metode Blind Image-Watermarking Berbasis Chaos Dalam Ranah Discrete Cosine Transform (DCT). *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*. Vol: 3 No.2, p. 1-6.
- Wallace, Gregory K. 1992. The JPEG Still Picture Compression Standard. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. Vol: 38 No.1. p. 18-34.
- Salomon, D. 2004. *Data Compression: The Complete Reference*. Edisi Ketiga. Springer-Verlag New York, Inc. p. 77.
- Ghozali, Imam. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: Badan Penerbitan Universitas Diponegoro.
- Sutoyo, T., Eddy. M., Vincent, Wijanarto. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Maricar, M. Azman; Widyantara, Oka. Pemampatan Citra Pas Foto dengan Menggunakan Algoritma Kompresi Joint-Photographic Experts Group (JPEG) dan Principal Component Analysis (PCA). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, [S.l.], v.17, n.1, p.102-106, Mei 2018. ISSN 2503-2372.
- Pandapotan. 2014. Kompresi Citra JPEG Dengan Algoritma Zig Jag. *Jurnal Ilmiah Media Processor*, Vol: 9, No 1, Februari 2014.
- Santi, Widyantara. 2018. Pemilihan Algoritma Kompresi Optimal Untuk Citra Digital Bitmap. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol: 17 No 1, Januari-April 2018.
- Yoanda, Weeka, dan Syefrida. Algoritma Penyisipan Frame Untuk Peningkatan Akurasi Metode Aligned Peak Signal-to-Noise Ratio Dalam Pengukuran Kualitas Video. *Jurnal Komputer Terapan*, Vol: 1, No 2 Mei 2015, hal: 45-56.
- Munandar, Maria, Alb, Joko. Analisa PSNR, Rasio Kompresi Warna Dan MSE Terhadap Kompresi Image Menggunakan 31 Fungsi Wavelet. *Digital Information & System Conference 2011*.



{Halaman ini sengaja dikosongkan }