

Perbandingan Kompresi Citra Metode Five-Modulus dan Kuantisasi dengan Perbaikan Citra Histogram-Equalization

Florida Nirma Sanny Damanik¹, Ali Akbar Lubis², Berto Eben Ezer³, Husnul Wasufi Siregar⁴

STMIK Mikroskil, Jl. Thamrin No. 112, 124, 140, Telp. (061) 4573767, Fax. (061) 4567789

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Informatika, STMIK Mikroskil, Medan

¹florida@mikroskil.ac.id, ²ali.akbar@mikroskil.ac.id, bertoebenezer3@gmail.com,

⁴husnul.ka5@gmail.com

Abstrak

Kompresi citra merupakan suatu teknik yang dilakukan terhadap citra digital yang bertujuan untuk memperkecil redundansi data pada citra sehingga kapasitas citra menjadi lebih kecil dan efisien dalam transmisi data. Terdapat 2 jenis teknik kompresi yaitu, *lossless* dan *lossy*. Teknik kompresi *lossless* tidak mengakibatkan hilangnya informasi pada citra, sedangkan kompresi *lossy* kebalikan dari *lossless* yang menghilangkan sebagian informasi pada citra. Terdapat beberapa teknik kompresi *lossy*, diantaranya *Five Modulus* dan *Kuantisasi*. Namun teknik *lossy* memiliki kelemahan yaitu, mengalami penurunan kualitas pada citra dan menyebabkan ukuran file citra relatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan kompresi *lossless*. Dari metode kompresi citra tersebut akan dilakukan perbandingan kompresi antara metode *Five Modulus* dan *Kuantisasi*, lalu hasil dari kompresi akan diperbaiki dengan *Histogram Equalization*. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil kompresi. Berdasarkan hasil pengujian dari kompresi menunjukkan bahwa untuk citra RGB, metode *Kuantisasi* memiliki *PSNR* dan *Rasio Kompresi* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Five Modulus*. Sementara, untuk citra grayscale *Five Modulus* memiliki *PSNR* dan *Rasio Kompresi* yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan *Kuantisasi*.

Kata kunci— *Kompresi, Five Modulus, Kuantisasi, Histogram Equalization.*

Abstract

Image compression is a technique that is performed on digital images that aim to minimize data redundancy in the image so that the image becomes smaller capacity and efficient data transmission. There are two types of compression techniques, namely, *lossless* and *lossy*. *Lossless* compression techniques do not result in loss of information in the image, while the opposite of *lossless* *lossy* compression that removes most of the information in the image. There are several *lossy* compression techniques, including *Five Modulus*, and *quantization*. However, the technique has the disadvantage of *lossy*, decreased quality of the image and causes the image file size is relatively much smaller than *lossless* compression. The image compression method will do a compression ratio between *Five Modulus* methods and *Quantization*, then the result of compression will be improved by *Histogram Equalization*. This is done to improve the quality of the compression. Based on the results of compression testing showed that for RGB image, *quantization* methods have *PSNR* and *Compression Ratios* higher than the *Five Modulus*. Meanwhile, for the *Five Modulus* grayscale images have *PSNR* and *compression ratio* is not too high compared to the *Quantization*.

Keywords— *Compression, Five Modulus, Quantization, Histogram Equalization.*

1. PENDAHULUAN

Pada kasus tertentu citra yang digunakan memiliki resolusi yang besar, hal ini tentu saja membutuhkan tempat penyimpanan memori yang besar pula [1]. Untuk mengatasi hal ini diantaranya dilakukan dengan mekanisme kompresi citra. Kompresi citra dapat diklasifikasikan menjadi dua teknik, yaitu kompresi *lossless* dan *lossy*. Kompresi *lossless* merupakan teknik pemampatan pada citra dimana tidak ada informasi di dalam citra yang dihilangkan. Sedangkan kompresi *lossy* merupakan teknik pemampatan pada citra dengan menghilangkan beberapa informasi dari citra asli sehingga

ukuran *file* citra menjadi relatif lebih kecil. Dengan teknik *lossy* citra yang dihasilkan memiliki rasio kompresi yang lebih besar daripada teknik *lossless* [2]. Akan tetapi teknik kompresi *lossy* secara umum tidak bisa direkonstruksi sama persis dari data aslinya, sehingga hasilnya akan mengalami penurunan kualitas [1].

Beberapa metode teknik *lossy* diantaranya ada metode Kuantisasi dan *Five Modulus*. Metode-metode dari teknik *lossy* menyebabkan kehilangan informasi dan penurunan kualitas citra, oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk meningkatkan kualitas citra hasil kompresi dengan menggunakan metode *Histogram Equalization*.

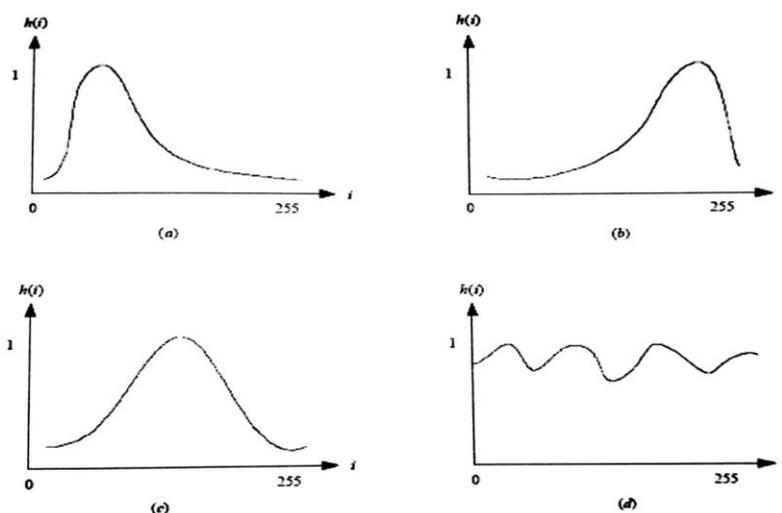
Tujuan dari penelitian ini adalah membangun aplikasi kompresi citra untuk mengetahui metode manakah yang kompresinya lebih baik antara metode *Five Modulus* dan Kuantisasi. Aplikasi ini membandingkan dengan melihat ukuran size awal, size akhir, rasio kompresi, error dari citra, kualitas citra dan juga waktu kompresi dari masing-masing metode kompresi.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Histogram Citra

Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai – nilai intensitas *pixel* dari suatu citra atau bagian tertentu didalam citra. Dari sebuah histogram dapat diketahui intensitas kemunculan pada citra tersebut. Selain itu, histogram juga dapat menunjukkan kecerahan (*brightness*) dan kontras (*contrast*) dari sebuah gambar. Histogram citra dapat memberikan informasi sebagai berikut:

1. Nilai h_i menyatakan peluang (*probability*) *pixel*, $p(i)$, dengan derajat keabuan i .
2. Puncak histogram menunjukkan intensitas *pixel* yang menonjol. Lebar dari puncak menunjukkan rentang kontras dari gambar. Citra yang mempunyai kontras terlalu terang (*overexposed*) atau terlalu gelap (*underexposed*) memiliki histogram yang sempit. Citra yang baik memiliki histogram yang mengisi derajat keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap nilai intensitas *pixel*.

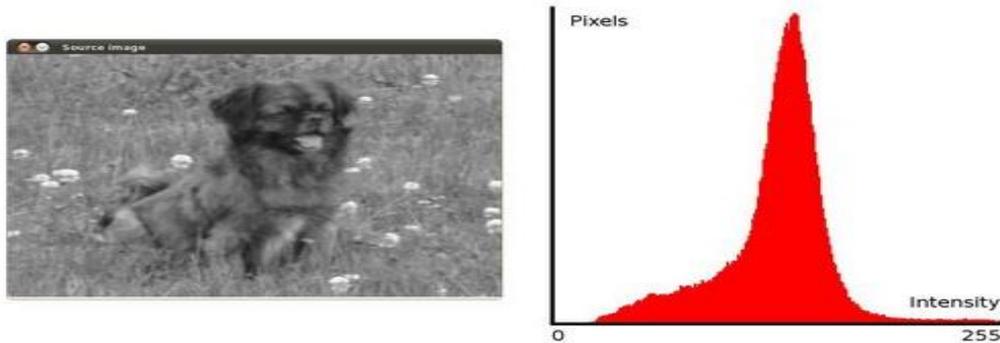


Gambar 1. (a) Citra Gelap, (b) Citra Terang, (c) Citra Normal (Normal Brightness), (d) Normal Brightness dan High Contrast

2.2. Perataan Histogram (Histogram Equalization)

Perataan Histogram merupakan nilai-nilai intensitas di dalam citra diubah sehingga penyebarannya seragam (*uniform*). Histogram citra memberikan informasi tentang penyebaran intensitas *pixel – pixel* di dalam citra. Misalnya, citra yang terlalu terang atau terlalu gelap memiliki

histogram yang sempit. Tujuan dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sedemikian sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah *pixel* yang relatif sama [3].



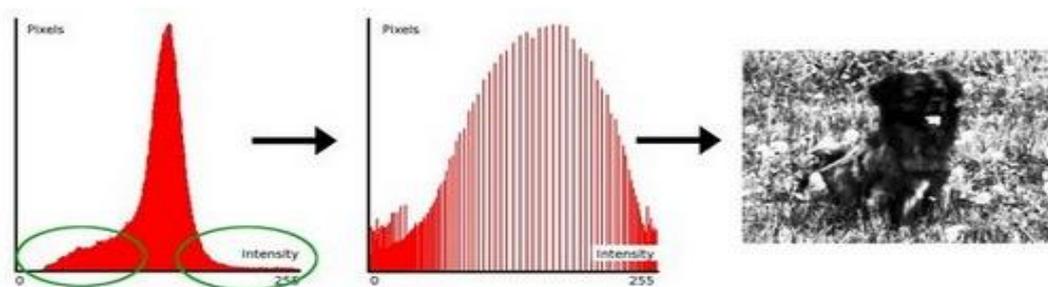
Gambar 2. Citra dan Histogram

Ada empat tipe dasar citra yang dapat digambarkan dengan sebuah histogram [7], yaitu :

1. Citra gelap, histogram cenderung ke sebelah kiri,
2. Citra terang, histogram cenderung ke sebelah kanan,
3. Citra *low contrast*, histogram mengumpul disuatu tempat,
4. Citra *high contrast*, histogram merata di semua tempat.

Perataan histogram (Histogram Equalization/HE) adalah suatu proses untuk meratakan histogram agar derajat keabuan dari yang paling rendah (0) sampai dengan yang paling tinggi (255) mempunyai kemunculan yang rata. Dengan *Histogram Equalization* hasil gambar yang memiliki histogram yang tidak merata atau distribusi kumulatif yang banyak loncatan gradiasinya akan menjadi gambar yang lebih jelas karena derajat keabuannya tidak dominan gelap atau dominan terang. Proses *Histogram Equalization* ini menggunakan distribusi kumulatif karena dalam proses ini dilakukan perataan gradient dari distribusi kumulatifnya. Tujuan dari *Histogram Equalization* adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah *pixel* yang relatif sama [8].

Dengan demikian menggunakan *Histogram Equalization*, maka histogram pada gambar-1 di-*stretch* sehingga hasil histogram mencakup dari range 0 hingga 255. Hasil *Histogram Equalization* dan histogramnya dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 3. Histogram Equalization dan Histogram

Bila suatu citra berukuran $M \times N$ akan dinormalisasi dengan *Histogram Equalization* ke nilai tertentu atau *range* [*BatasBawah*, *BatasAtas*] maka rumus *Histogram Equalization* yang berlaku adalah:

$$h(v) = \text{round} \left(\frac{cdf(v) - cdf_{min}}{(M \times N) - cdf_{min}} \times (BatasAtas - BatasBawah) \right) + BatasBawah$$

Setiap intensitas keabuan v diubah intensitas nilainya ke target intensitas $h(v)$, maka hasilnya adalah citra yang mendapat pemerataan histogram dari *range* *BatasBawah* ke *BatasAtas* [4]. Gambar 4. (a) dan (b) dibawah ini merupakan gambar hasil sebelum dan sesudah perataan histogram.



(a)



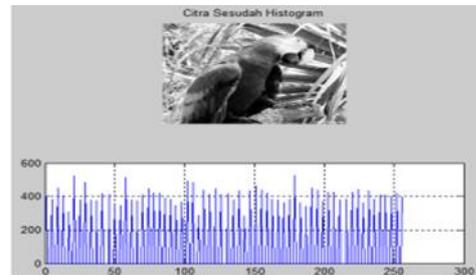
(b)

Gambar 4. (a) Sebelum Perataan Histogram dan, (b) Sesudah Histogram

Pada proses perbaikan citra akan menggunakan citra yang sama, dimana citra asli merupakan citra berwarna yang sudah dikonversi menjadi citra hitam-putih. Perbandingan citra sebelum histogram dan citra sesudah histogram pada dua gambar yang memiliki citra warna yang sama dapat dilihat pada Gambar 4. (a) dan (b) berikut ini :



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Histogram Citra Input (b) Histogram Citra Output

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa citra output persebaran histogram jauh lebih merata dibanding citra input dengan histogram yang lebih merata maka akan meningkatkan persebaran nilai grayscale sehingga citra output akan terkesan terlihat lebih terang dan detailnya lebih terlihat.

2.3. Kuantisasi

Metode kuantisasi bekerja dengan mengurangi jumlah intensitas warna, sehingga jumlah *bit* yang digunakan untuk merepresentasikan citra menjadi berkurang. Oleh karena jumlah *bit* berkurang maka ukuran *file* menjadi lebih kecil. Dengan mengurangi jumlah intensitas warna, misalnya dari 256 menjadi 16, yang tentu saja mengurangi jumlah *bit* yang dibutuhkan untuk merepresentasikan citra, dan ukuran citra menjadi lebih kecil. Jumlah *pixel* di dalam citra semula, akan dimampatkan menjadi n derajat keabuan [5].

Tahapan proses kompresi metode Kuantisasi adalah dengan mengelompokkan nilai *pixel* kedalam interval dengan jumlah *range* sebanyak 16 ($0 - 15 = 0$, $16 - 31 = 1$..., $240 - 255 = 15$). Interval tersebut ditentukan untuk nilai derajat keabuan yang akan diubah dari suatu citra. Setelah interval ditentukan, nilai *pixel* citra dikelompokkan sehingga mendapatkan nilai *pixel* baru sesuai dengan pengelompokan interval tersebut.

2.4. Five Modulus

Metode *Five Modulus* merupakan metode kompresi citra yang memoduluskan setiap nilai *pixel* dengan kelipatan 5 untuk masing masing warna R,G, dan B. Setelah itu, nilai – nilai *pixel* dapat dibagi dengan 5 untuk mendapatkan nilai – nilai baru yang panjangnya 6 *bit* untuk setiap *pixel* dan berkurang dalam penyimpanan memori yang aslinya memiliki nilai 8 *bit*. Dan sebuah protokol baru untuk kompresi dari nilai – nilai baru dari citra yang akan dikompresi dengan mudah [6]. Proses kompresi metode *Five Modulus* terdiri dari 3 tahap, yaitu *pixel* (n) dimodulus 5, *pixel* (n) dibagi 5, dan *pixel* (n) dikurangkan dengan *pixel* terkecil. Untuk proses modulus 5, dilakukan dengan algoritma berikut:

- o Jika $n \% 5 = 4$
- o $n = n + 1$

- Jika $n \% 5 = 3$
- $n = n + 2$
- Jika $n \% 5 = 2$
- $n = n - 2$
- Jika $n \% 5 = 1$
- $n = n - 1$
- Jika $n \% 5 = 0$
- $n = n$
- Setelah dilakukan modulus 5, hasil *pixel* (n) dibagi dengan 5, dan *pixel* (n) dikurangi dengan nilai *pixel* (n) terkecil dari hasil bagi 5. Lalu hasil seluruh *pixel* akan diubah kedalam *biner* yang panjangnya 6 bit.

2.5. Penilaian Kualitas Citra

2.5.1. Mean Square Error (MSE)

MSE menunjukkan kuadrat rata-rata selisih nilai *pixel* citra rekonstruksi dengan citra sumber. Semakin kecil nilai MSE maka kualitas citra tersebut semakin baik [9]. Nilai MSE dapat dihitung dengan persamaan:

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} [X(i, j) - Y(i, j)]^2 \quad (1)$$

2.5.2. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Kualitas citra hasil pemampatan dapat diukur secara kuantitatif menggunakan besaran PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). Semakin besar nilai PSNR maka citra hasil pemampatan semakin mendekati citra aslinya, dengan kata lain semakin bagus kualitas citra hasil pemampatan tersebut. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR semakin jelek kualitas citra hasil pemampatan. Rumus untuk menghitung PSNR adalah sebagai berikut :

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

PSNR sering dinyatakan pada skala logaritmik dalam desibel (dB). Jika nilai PSNR jatuh dibawah 30dB menunjukkan kualitas citra yang cukup rendah, jika diatas atau sama dengan 40db maka menunjukkan kualitas citra yang tinggi.

2.5.3. Rasio Kompresi

Pengukuran rasio kompresi dilakukan dengan membandingkan ukuran data hasil kompresi dan ukuran data citra sumber. Semakin besar rasio pemampatan berarti semakin kecil ukuran hasil pemampatan. Jika LD' adalah ukuran data hasil kompresi, dan LD adalah ukuran data citra sumber, maka rasio kompresi (Rs) dapat dihitung dengan persamaan [9] :

$$RS = \frac{LD'}{LD} \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

Proses kompresi bertujuan untuk mengurangi intensitas warna *pixel* dalam suatu citra, dalam proses kompresi menggunakan 2 metode kompresi citra, yaitu metode *Five Modulus* dan Kuantisasi. Pada metode *Five Modulus* tahapan kompresi dengan cara modulus 5, lalu dibagi dengan 5 dan semua

pixel dikurangkan dengan nilai *pixel* terkecil. Pada metode Kuantisasi yang mengelompokkan *pixel* kedalam interval dengan jumlah *range* sebanyak 16, dengan jumlah *pixel* 255 akan diubah menjadi 16 sesuai dengan *range* dari metode Kuantisasi.

Proses perbaikan bertujuan untuk membuat intensitas citra lebih cerah setelah proses kompresi, dengan cara menormalisasi histogram awal ke range 0 - 255 dan mengubah intensitas awal citra (f) ke target intensitas (f') hingga citra akan terlihat lebih jelas.

Berikut ini merupakan langkah – langkah dari proses kompresi dan perbaikan :

1. Kompresi Citra Metode Five Modulus

Kompresi Citra metode *Five Modulus* bertujuan untuk mengurangi intensitas warna pada suatu *pixel* citra. Adapun *flowchart* dari kompresi metode *Five Modulus* dapat dilihat pada Gambar 6. berikut ini :

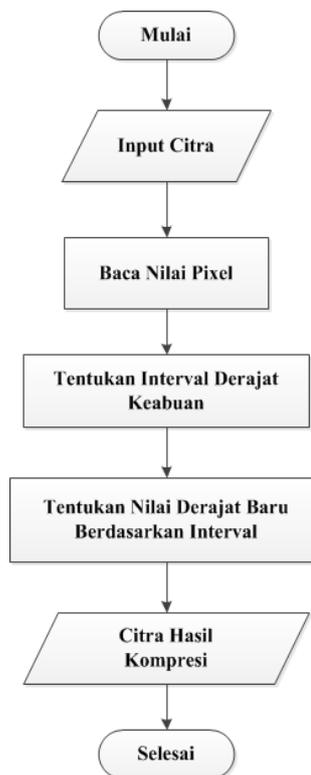


Gambar 6. Flowchart Kompresi citra Metode Five Modulus

Proses kompresi metode *Five Modulus* terdiri dari 3 tahap, yaitu *pixel (n)* dimodulus 5, *pixel (n)* dibagi 5, dan *pixel (n)* dikurangkan dengan *pixel* terkecil. Pada tahap modulus 5, *n* dimoduluskan sehingga menghasilkan nilai *pixel* baru, lalu nilai *pixel (n)* yang telah dimoduluskan akan dibagi dengan 5 dari tiap *pixel*, setelah itu *pixel* akan dikurangkan dengan nilai *pixel* terkecil dari hasil pembagian.

2. Kompresi Citra Metode Kuantisasi

Kompresi citra dengan metode Kuantisasi bertujuan untuk mengurangi jumlah intensitas warna pada suatu citra. Adapun *flowchart* dari metode Kuantisasi dapat dilihat pada Gambar 7. berikut ini :



Gambar 7. Kompresi Citra Metode Kuantisasi

Tahapan proses kompresi metode Kuantisasi adalah dengan mengelompokkan nilai *pixel* kedalam interval dengan jumlah *range* sebanyak 16. Interval tersebut ditentukan untuk nilai derajat keabuan yang akan diubah dari suatu citra. Setelah interval ditentukan, nilai *pixel* citra dikelompokkan sehingga mendapatkan nilai *pixel* baru sesuai dengan pengelompokan interval tersebut.

3. Perbaikan Citra Histogram Equalization

Proses perbaikan citra dengan *Histogram Equalization* bertujuan untuk memperbaiki citra sehingga citra terlihat lebih jelas setelah dilakukan proses kompresi. Adapun *flowchart* dari perbaikan citra *Histogram Equalization* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Flowchart Perbaikan Citra Histogram Equalization

Tahapan proses perbaikan citra *Histogram Equalization* adalah dengan menghitung frekuensi kemunculan dari tiap pixel yang ada pada citra, lalu hitung nilai distribusi komulatif (CFD) dari nilai kemunculan tersebut, lalu hitung nilai target intensitas baru ($h(v)$) dengan menggunakan nilai batas atas dan batas bawah (0, 255), lalu setelah nilai target intensitas didapatkan maka ubah seluruh nilai *pixel* ke dalam target intensitas yang telah ditentukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini jumlah citra yang diuji ada sebanyak 10 citra dengan resolusi, ukuran kapasitas dan variasi warna yang berbeda-beda, serta pengujian yang akan dilakukan adalah :

1. Pada tahap ini citra yang akan diuji adalah citra RGB yang sama tetapi dengan ukuran yang berbeda, dan metode kompresi yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukuran terhadap rasio kompresi, kualitas dan waktu kompresi dari citra hasil kompresi.

Tabel. 1 Sebelum dilakukan Histogram Equalization (Citra RGB yang Sama Tetapi Ukuran Berbeda)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal (kb)	Size Akhir (kb)	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Warna – warni	256×174	Five Modulus	130,6	44,1	66,23	3840.52	12.29	531
	512×348	Five Modulus	522,1	162,5	68,87	3858.27	12.27	731
	1024×695	Five Modulus	2000	578	71.1	3827.22	12.3	983
	1600×1086	Five Modulus	5000	1200	76	3826.77	12.3	756
	2048×1390	Five Modulus	8000	1900	76,25	3827.58	12.3	868
	256×174	Kuantisasi	130,6	69,9	44.47	6143.36	10.25	283
	512×348	Kuantisasi	522,1	255,6	51.04	6158.74	10.24	740
	1024×695	Kuantisasi	2000	861,1	56.94	6121.45	10.26	911
	1600×1086	Kuantisasi	5000	1800	64	6120.69	10.26	499
	2048×1390	Kuantisasi	8000	2600	67,5	6121.53	10.26	582

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa kompresi citra tanpa dilakukan *Histogram Equalization* menghasilkan rasio kompresi yang paling baik pada ukuran citra 2048 x 1390 dengan menggunakan metode *Five Modulus* atau Kuantisasi dengan nilai rasio masing-masing adalah 76.25 % dan 67.5%. Untuk Kualitas citra kompresi yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut tanpa dilakukan *Histogram Equalization* masih tergolong buruk karena masih di bawah nilai 30 db. Dimana rata-rata nilai PSNR dari metode *Five Modulus* dan Kuantisasi masing-masing adalah 12.29 dB dan 10.25 dB. Jika ditinjau dari waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan citra kompresi. Pada metode *Five Modulus* dan Kuantisasi waktu terbaik dihasilkan pada citra berukuran 256x174 dengan waktu masing-masing adalah 531 ms dan 283 ms.

Tabel 2 Setelah dilakukan Histogram Equalization (Citra RGB yang Sama Ukuran Berbeda)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal (kb)	Size Akhir (kb)	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Warna – warni	256×174	Five Modulus	130,6	44,1	66,21	1164,27	17,47	428
	512×348	Five Modulus	522,1	162,3	68,91	1142,12	17,55	604
	1024×695	Five Modulus	2000	576,9	72,33	1131,76	17,59	214
	1600×1086	Five Modulus	5000	1200	74,95	1130,78	17,6	331
	2048×1390	Five Modulus	8100	1900	76,44	1131,17	17,6	310
	256×174	Kuantisasi	130,6	65,6	49,76	59,22	30,41	843
	512×348	Kuantisasi	522,1	233,2	55,33	68,42	29,78	620
	1024×695	Kuantisasi	2000	767,3	63,2	65,95	29,94	543
	1600×1086	Kuantisasi	5000	1500	68,84	65,43	29,97	463
	2048×1390	Kuantisasi	8100	2300	71,85	65,96	29,94	211

Dari Tabel 1 dan 2 maka dapat disimpulkan rasio kompresi yang dihasilkan baik dengan *Histogram Equalization* ataupun tanpa *Histogram Equalization* adalah relatif sama. Sementara dari segi kualitas citra yang dihasilkan citra kompresi yang telah dilakukan *Histogram Equalization* memiliki hasil yang lebih baik daripada citra hasil kompresi tanpa *Histogram Equalization*.

1. Pada tahap ini citra yang akan diuji adalah citra *Grayscale* yang sama tetapi dengan ukuran yang berbeda, dan metode kompresi yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukuran terhadap kualitas dari citra hasil kompresi.

Tabel 3. Sebelum dilakukan Histogram Equalization (Citra grayscale yang Sama Tetapi Ukuran Berbeda)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal (kb)	Size Akhir (kb)	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Grayscale	256× 174	Five Modulus	116,3	30,3	73,95	2759.8	13.72	497
	512×348	Five Modulus	466, 6	110,5	76,31	2754.94	13.73	872
	1024×695	Five Modulus	1800	372,2	79,32	2743.85	13.75	671
	1600×1086	Five Modulus	4400	779, 6	82,28	2743.85	13.75	899
	2048×1390	Five Modulus	7300	1100	84,93	2743.81	13.75	561
	256×174	Kuantisasi	116,3	18,3	84,26	3756.74	12.38	263
	512×348	Kuantisasi	466, 6	63,6	86,36	3749.84	12.39	970
	1024×695	Kuantisasi	1800	372,2	79,32	2743.85	13.75	912
	1600×1086	Kuantisasi	4400	396	91	3734.58	12.41	935
	2048×1390	Kuantisasi	7300	570	92.19	3734.57	12.41	941

Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan kompresi citra dengan *Histogram Equalization* menghasilkan rasio kompresi yang paling baik pada ukuran citra 2048 x 1390 dengan menggunakan metode *Five Modulus* atau Kuantisasi dengan nilai rasio masing-masing adalah 84.93 % dan 92.19%. Pada metode *Five Modulus* dan Kuantisasi waktu terbaik dihasilkan pada citra berukuran 2048x1390 dengan waktu masing-masing adalah 700 ms dan 804 ms. Untuk Kualitas citra kompresi

yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut tanpa dilakukan *Histogram Equalization* masih tergolong buruk karena masih di bawah nilai 30 db. Dimana rata-rata nilai PSNR dari metode *Five Modulus* dan Kuantisasi masing-masing adalah 13,74 dB dan 12.67 dB.

Tabel 4. Setelah dilakukan Histogram Equalization (citra grayscale yang sama ukuran berbeda)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal (kb)	Size Akhir (kb)	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Grayscale	256×174	Five Modulus	116,3	30,1	74,16	506,65	21,08	441
	512×348	Five Modulus	466,6	109,8	76,47	506,04	21,09	531
	1024×695	Five Modulus	1800	370,1	80,13	511,13	21,05	668
	1600×1086	Five Modulus	4400	775,2	82,97	511,92	21,04	703
	2048×1390	Five Modulus	7300	1100	84,64	512	21,04	316
	256×174	Kuantisasi	116,3	18,2	84,35	665,83	19,9	618
	512×348	Kuantisasi	466,6	63,4	86,41	660,8	19,93	473
	1024×695	Kuantisasi	1800	197,4	89,4	668,48	19,88	387
	1600×1086	Kuantisasi	4400	393,8	91,35	668,73	19,88	723
	2048×1390	Kuantisasi	7300	566,8	92,39	664,32	19,91	492

Dari Tabel 3 dan 4 maka dapat disimpulkan rasio kompresi yang dihasilkan baik dengan *Histogram Equalization* ataupun tanpa *Histogram Equalization* adalah relatif sama. Sementara dari segi kualitas citra yang dihasilkan citra kompresi yang telah dilakukan *Histogram Equalization* memiliki hasil (> 21 dB) daripada citra hasil kompresi tanpa *Histogram Equalization*.

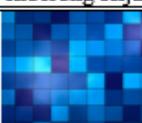
- Pada tahap ini citra yang akan diuji adalah citra RGB dengan ukuran citra yang sama, tetapi dengan citra yang berbeda dan metode kompresi yang berbeda untuk mengetahui pengaruh variasi citra terhadap kualitas citra (MSE dan PSNR), rasio kompresi, dan waktu kompresi.

Tabel 5. Sebelum dilakukan Histogram Equalization (ukuran citra RGB yang Sama Tetapi Citra Berbeda)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal	Size Akhir	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Babon	1024×1024	Five Modulus	3000	903,8	69.87	4010.85	12.1	260
		Kuantisasi	3000	1100	63,33	5372.84	10.83	214
 Cenderung merah	1024×1024	Five Modulus	2300	257,2	88.82	251.14	24.13	394
		Kuantisasi	2300	275,4	88.02	662.15	19.92	198
 Cenderung Hijau	1024×1024	Five Modulus	2000	618,4	69.08	5436.7	10.78	937
		Kuantisasi	2000	746,5	62.67	6835.22	9.78	453
 Cenderung Biru	1024×1024	Five Modulus	3000	281,8	90.60	1982,4	15,16	649
		Kuantisasi	3000	221,6	92.61	2073,38	14,96	484

Dari Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan kompresi citra dengan *Histogram Equalization* menghasilkan rasio kompresi yang paling baik pada citra cenderung berwarna biru 1024 x 1024 dengan menggunakan metode *Five Modulus* atau Kuantisasi dengan nilai rasio masing-masing adalah 90,60 % dan 92,61%. Untuk Kualitas citra kompresi yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut tanpa dilakukan *Histogram Equalization* masih tergolong buruk karena masih di bawah nilai 30 db. Dimana rata-rata nilai PSNR dari metode *Five Modulus* dan Kuantisasi dari citra cenderung merah masing-masing adalah 24,13 dB dan 19,92 dB.

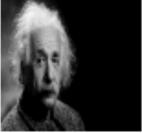
Tabel 6 Setelah dilakukan Histogram Equalization (citra RGB Berbeda Tetapi Ukuran Sama)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal	Size Akhir	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Babon	1024×1024	Five Modulus	3000	900,9	70,67	1222,66	17,26	913
		Kuantisasi	3000	1100	62,95	199,26	25,14	457
 Cenderung merah	1024×1024	Five Modulus	2300	250,3	89,14	3681,75	12,47	594
		Kuantisasi	2300	236,8	89,72	704,05	19,65	716
 Cenderung Hijau	1024×1024	Five Modulus	2000	611,2	70,17	1235,84	17,21	726
		Kuantisasi	2000	729,5	64,4	597,57	20,37	959
 Cenderung Biru	1024×1024	Five Modulus	3000	281,1	90,85	3147,04	13,15	215
		Kuantisasi	3000	168,9	94,5	572,57	20,55	938

Dari Tabel 5 dan 6 dapat disimpulkan rasio kompresi yang dihasilkan baik dengan *Histogram Equalization* ataupun tanpa *Histogram Equalization* adalah relatif sama. Sementara dari segi kualitas citra yang dihasilkan citra kompresi yang telah dilakukan *Histogram Equalization* memiliki hasil yang lebih baik daripada citra hasil kompresi tanpa *Histogram Equalization*.

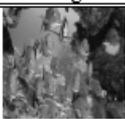
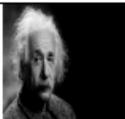
- Pada tahap ini citra yang akan diuji adalah citra *Grayscale* dengan ukuran citra yang sama, tetapi dengan citra yang berbeda dan metode kompresi yang berbeda, untuk mengetahui pengaruh variasi citra terhadap kualitas citra (MSE dan PSNR), rasio kompresi, dan waktu kompresi.

Tabel 7 Sebelum dilakukan Histogram Equalization (Citra *grayscale* Berbeda, Tetapi Ukuran yang Sama)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal	Size Akhir	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Menara	1024×1024	Five Modulus	3000	658.7	78.56	3898.73	12.22	655
		Kuantisasi	3000	363.9	88.15	5312.41	10.88	462
 kucing	1024×1024	Five Modulus	3000	831	72.3	2548.08	14.07	835
		Kuantisasi	3000	507,3	83.09	3469.47	12.73	377
 Bunga	1024×1024	Five Modulus	3000	480, 6	84.36	2717.5	13.79	945
		Kuantisasi	3000	256, 8	91.64	3700.2	12.45	720
 Ikan	1024×1024	Five Modulus	3000	841,9	72.59	2516.97	14.12	424
		Kuantisasi	3000	515	83.23	3425.7	12.78	617
 einstein	1024×1024	Five Modulus	3000	367	88.05	1309.61	16.96	871
		Kuantisasi	3000	219.4	92.86	1784.14	15.62	784

Dari Tabel 7 di atas dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan kompresi citra dengan *Histogram Equalization* menghasilkan rasio kompresi yang paling baik pada citra einstein 1024 x1024 dengan menggunakan metode *Five Modulus* atau Kuantisasi dengan nilai rasio masing-masing adalah 88,05 % dan 92.86%. Jika ditinjau dari waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan citra kompresi. Pada metode *Five Modulus* dan Kuantisasi waktu terbaik dihasilkan pada citra ikan dengan waktu masing-masing adalah 424 ms dan 377 ms. Untuk Kualitas citra kompresi yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut tanpa dilakukan *Histogram Equalization* masih tergolong buruk karena masih di bawah nilai 30 db. Dimana nilai PSNR terbesar dari metode *Five Modulus* dan Kuantisasi dari citra einstein masing-masing adalah 16,96 dB dan 15,62 dB.

Tabel 8 Setelah dilakukan Histogram Equalization (citra *grayscale* Berbeda Tetapi Ukuran yang Sama)

Citra	Ukuran Citra	Metode	Size Awal	Size Akhir	Rasio (%)	MSE	PSNR (dB)	Waktu (ms)
 Menara	1024×1024	Five Modulus	3000	652,2	78,77	258,31	24,01	377
		Kuantisasi	3000	363,6	88,17	301,29	23,34	815
 kucing	1024×1024	Five Modulus	3000	831,9	72,92	626,24	20,16	971
		Kuantisasi	3000	506,6	83,51	668,46	19,88	906
 Bunga	1024×1024	Five Modulus	3000	476,9	84,48	509,22	21,06	766
		Kuantisasi	3000	255,4	91,69	621,95	20,19	584
 Ikan	1024×1024	Five Modulus	3000	835,7	72,8	592,91	20,4	955
		Kuantisasi	3000	513,3	83,29	720,8	19,55	677
 einstein	1024×1024	Five Modulus	3000	366,5	88,07	195,11	25,23	401
		Kuantisasi	3000	203,8	93,37	170,84	25,8	987

Dari Tabel 7 dan 8 dapat disimpulkan rasio kompresi yang dihasilkan baik dengan *Histogram Equalization* ataupun tanpa *Histogram Equalization* adalah relatif sama. Sementara dari segi kualitas citra yang dihasilkan citra kompresi yang telah dilakukan *Histogram Equalization* memiliki hasil yang lebih baik daripada citra hasil kompresi tanpa *Histogram Equalization*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari metode Five Modulus dengan citra RGB yang tidak dilakukan *Histogram Equalization* dan dilakukan *Histogram Equalization* menunjukkan bahwa metode Five Modulus tidak terlalu baik karena kualitas hanya 25,14 dB akan tetapi rasio kompresi dari metode Five Modulus mencapai 90,8 %. Sedangkan untuk citra *grayscale* metode Five Modulus juga tidak terlalu baik karena masih 25,23 dB akan tetapi rasio kompresi dari Five Modulus mencapai 88,07%. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa metode Five Modulus tidak terlalu bagus karena kualitasnya belum mencapai > 30 dB.
2. Hasil dari metode Kuantisasi dengan citra RGB yang tidak dilakukan *Histogram Equalization* dan dilakukan *Histogram Equalization* menunjukkan bahwa metode Kuantisasi cukup baik (32,55 dB) karena kualitas citra > 30 dB dan rasio kompresi metode Kuantisasi kurang baik karena masih 49,41 % . Sedangkan untuk citra *grayscale* metode Kuantisasi tidak terlalu baik karena masih < 30 dB akan tetapi rasio kompresi dari metode Kuantisasi lebih baik karena mencapai 92,89 % . Metode Kuantisasi cukup bagus dilihat dari segi kualitas citra dengan citra dengan citra RGB.
3. Dari perbandingan kualitas citra, metode Kuantisasi lebih baik daripada metode *Five Modulus*, karena dilihat dari Tabel pengujian bahwa kualitas citra Kuantisasi lebih tinggi mencapai > 30 dB.

5. SARAN

1. Aplikasi Kompresi citra *lossy* dapat ditambahkan dengan menggunakan *Fourier Transform* sebagai perbandingan kualitas citra.
2. Aplikasi dapat ditambahkan metode perbaikan citra, seperti algoritma *Human Visual System Based Adaptive Filter* dan algoritma *Multi-Scale Color Image Enhancement*, sehingga kualitas citra dapat dibandingkan dari hasil kompresi, dan metode manakah yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusdianti, W, dan Septiarini, A (2014). Kompresi Pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Run Length Encoding, http://eprints.upnjatim.ac.id/6410/1/Vol9No1Februari2014_Paper_5_Winda_dkk.pdf, tanggal akses : 10 April 2016
- [2] Ardiyanto, D, & Purwoto, B. H, Kompresi Citra Dengan Menggunakan Metode Delta Modulation, <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/4866/04%20BHP%20EDIT%20HSY%20KOMPRESI%20CITRA.pdf?sequence=1>, tanggal akses : 12 April 2016
- [3] Munir, R., 2004, Pengelolahan citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik, Informatika, Bandung
- [4] Hum, Y.C et al, 2004. Multiobjectives bihistogram equalization for image contrast enhancement, www.researchgate.net/publication/260410263_Multiobjectives_Bihistogram_Equalization_for_Image_Contrast_Enhancement, tanggal akses : 27 Juni 2016
- [5] Mandala, Dr.Ir. Rila. (2005) Bab-10_Pemampatan Citra, http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/Bab-10_Pemampatan%20Citra.pdf, tanggal akses : 10 April 2016
- [6] Jassim, Firas A. , Qassim, Hind E. (2012) FIVE MODULUS METHOD FOR IMAGE COMPRESSION. , DOI : 10.5121/sipij.2012.3502, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1211/1211.4591.pdf>, tanggal akses : 8 April 2016
- [7] Hermawati, F. A., 2013, Pengolahan Citra Digital, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [8] T. Sutoyo., Mulyanto., 2009, Teori Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta; Andi
- [9] Pu IM., 2005., Fundamental Data Compression, Oxford : Butterworth Heinemann