

IMPLEMENTASI COLOR QUANTIZATION PADA KOMPRESI CITRA DIGITAL DENGAN MENGGUNAKAN MODEL CLUSTERING BERDASARKAN NILAI MAX VARIANCE PADA RUANG WARNA RGB

Tommy^{*1}, Rosyidah Siregar², Andi Marwan Elhanafi³, Imran Lubis⁴

^{1, 2, 3, 4} Universitas Harapan Medan, Medan

Email: ¹tomshirakawa@gmail.com, ²rosyidah_siregar.unhar@harapan.ac.id,
³andimarwanelhanafi@gmail.com, ⁴imran.loebis.medan@gmail.com

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 22 April 2020, diterima untuk diterbitkan: 15 November 2021)

Abstrak

Kompresi citra dapat dilakukan dengan menggunakan *color quantization* di mana dengan mengurangi jumlah warna yang terdapat pada citra maka akan dapat mengurangi jumlah bit yang digunakan untuk merepresentasikan warna – warna tersebut. Semakin rendah jumlah warna yang dikurangi dalam rangka mencapai rasio kompresi yang optimal berdampak pada terdegradasinya kualitas dari citra. Secara umum *color quantization* menggunakan model *clustering* dalam proses pembentukan *color palette* yang akan digunakan sebagai referensi pada saat kuantisasi. Penelitian ini menggunakan model *clustering* berdasarkan nilai *max variance* pada *channel* RGB secara terpisah. Proses *clustering* dilakukan dengan membelah populasi *cluster* sebelumnya menggunakan nilai *mean* dari *channel* RGB yang memiliki nilai *variance* tertinggi. *Color palette* kemudian dibentuk menggunakan *centroid* hasil dari proses *clustering*. Percobaan pada beberapa citra uji dengan format 32bpp yang kemudian dikompresi menggunakan kuantisasi warna pada format 8bpp dan 4bpp memberikan kualitas dan rasio kompresi yang cukup baik yang diukur menggunakan ukuran MSE, PSNR dan CR di mana nilai MSE yang diperoleh berkisar 3.87 sampai 6.3 pada kuantisasi 8bpp dan 13.39 sampai 19.62 pada kuantisasi 4bpp. Sedangkan rasio kompresi yang diperoleh adalah sebesar 1.44 sampai 2.09 pada kuantisasi 8bpp dan 2.87 sampai 4.23 pada kuantisasi 4bpp.

Kata kunci: Citra Digital, Kompresi, Color Quantization, Clustering, Max Variance.

IMPLEMENTATION OF COLOR QUANTIZATION IN DIGITAL IMAGE COMPRESSION USING CLUSTERING MODEL BASED ON MAX VARIANCE VALUE IN RGB COLOR SPACE

Abstract

Image compression can be done by using color quantization where by reducing the number of colors contained in the image it can reduce the number of bits used to represent the colors. The lower the number of colors reduced in order to achieve the optimal compression ratio has an impact on the quality of the image. In general, color quantization uses clustering models in the process of constructing color palette that will be used as a reference during quantization. This study uses a clustering model based on the max variance value on the RGB channel separately. The clustering process is done by dividing the previous cluster population using the mean value of the RGB channel which has the highest variance value. The color palette is then formed using centroids resulting from the clustering process. Experiments on some test images in 32bpp format which are then compressed using color quantization in 8bpp and 4bpp formats provide a fairly good quality and compression ratio with MSE, PSNR and CR assessment where the MSE values obtained ranged from 3.87 to 6.3 at 8bpp quantization and 13.39 to 19.62 at 4bpp quantization. While the compression ratio obtained is 1.44 to 2.09 at 8bpp quantization and 2.87 to 4.23 at 4bpp quantization.

Keywords: Digital Image, Compression, Color Quantization, Clustering, Max Variance.

1. PENDAHULUAN

Color Quantization merupakan proses pemetaan warna pada piksel citra dengan tujuan mengurangi

jumlah warna yang terdapat pada citra namun tetap menjaga kualitas atau fitur yang terdapat pada citra. *Color Quantization* telah diaplikasikan dalam berbagai kegiatan seperti kompresi (Adiwijaya,

Maharani, Dewi, Yulianto, & Purnama, 2013), segmentasi (Ngo & Macabebe, 2016) dan *feature retrieval* (Liu & Yang, 2013). Variabel kedalaman warna atau *color depth* pada citra digital dipengaruhi oleh faktor jumlah bit yang digunakan oleh setiap piksel untuk merepresentasikan warna dari piksel tersebut. Sebuah citra dengan kedalaman 24 bit per piksel (bpp) memiliki kedalaman warna sebanyak 16,777,216 warna. Citra digital dengan ruang warna RGB memiliki 24 bit untuk setiap pikselnya di mana dibagi menjadi tiga kanal yaitu R = 8bit, G = 8 bit dan B = 8 bit yang direpresentasikan sebagai vector tiga dimensi yang mana setiap kanal mampu menampung 256 varian nilai (Márquez & Riveron, 2008). *Color Quantization* digunakan untuk mengurangi jumlah warna yang terdapat pada citra digital sehingga dapat mengurangi jumlah bit yang dibutuhkan untuk merepresentasikan warna pada setiap piksel sehingga akan memberikan dampak kompresi atau berkurangnya ruang yang dibutuhkan untuk menyimpan citra digital tersebut.

Color quantization dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan seperti *clustering* (Thompson, Celebi, & Buck, 2019) (Xiang, 1997) (Frackiewicz, Mandrella, & Palus, 2019), *color variation* (Chang, Dah-Jye, & Archibald, 2007), *non-uniform color space* (Zaout, 2014), *neural network* (Ozturk, Hancer, & Karaboga, 2014) dan beberapa pendekatan ataupun metode *color quantization* lainnya. Pendekatan paling umum yang digunakan pada kegiatan *color quantization* adalah menggunakan pendekatan *clustering* di mana piksel – piksel dikelompokkan kedalam n – cluster untuk memperoleh warna representasi dari cluster – cluster tersebut. Ukuran variasi warna dapat dijadikan informasi statistik untuk proses kuantisasi warna pada piksel citra yang mana dapat memberikan nilai MSE yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *k-means* dan *median-cut* (Chang, Dah-Jye, & Archibald, 2007). Menggunakan pendekatan yang sama, proses kuantisasi warna dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan nilai *variance* dari warna yang terdapat pada citra. Pengelompokkan menggunakan nilai *variance* dari data yang dikelompokkan telah diajukan oleh Veenman (Veenman, Reinders, & Backer, 2002) yang menggunakan nilai batas *variance* dari setiap *cluster* sehingga dapat meminimalisir sebaran yang ada pada *cluster* yang akan menjadi konsep dasar dari metode yang akan dibahas pada penelitian ini.

Kualitas citra merupakan faktor utama yang menjadi perhatian terhadap operasi pengolahan citra digital. Kualitas dapat dilihat dari terjaganya informasi yang terdapat pada citra seperti fitur bentuk, texture, warna dan informasi – informasi lainnya seperti yang telah dibahas pada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai perbaikan kualitas citra (Sumijan, Purnama, & Arlis, 2019) (Prabowo & Ahmad, 2018). Pada *color quantization* kualitas citra digital ditentukan oleh semakin kecilnya perbedaan antara warna asal dengan warna setelah dikuantisasi.

Perbedaan nilai warna antara sebelum dan setelah dilakukannya kuantisasi yang dapat diukur dengan menggunakan ukuran *Mean Squared Error*. Proses *clustering* menggunakan konsep *variance* yang dapat meminimalisir sebaran data pada *cluster* berpotensi menghasilkan kuantisasi warna yang lebih baik. Keterkaitan antara kualitas hasil dari *color quantization* dengan kompresi yang menjadi fokus utama pada penelitian ini adalah sejauh mana pengurangan warna dapat dilakukan sehingga bit yang dibutuhkan untuk merepresentasikan warna menjadi lebih sedikit namun tetap menjaga kualitas citra. Seperti yang telah kita bahas sebelumnya, citra digital secara umum direpresentasikan dalam ruang warna RGB yang mana setiap piksel terdiri dari 24 bit. Dengan melakukan kuantisasi warna, citra dapat ditransformasikan menjadi citra dengan warna yang lebih sedikit seperti pada citra 8bit yang hanya memiliki 256 warna. Citra 8bit memiliki ukuran yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan citra 24bit karena kebutuhan ruang untuk setiap piksel lebih sedikit yaitu hanya 8bit untuk setiap piksel.

Berkurangnya jumlah warna yang terdapat pada citra memberikan dampak negatif terhadap kualitas dari citra, di mana semakin rendah jumlah warna yang digunakan maka fitur atau informasi lokal pada citra akan hilang seiring dengan semakin seragamnya piksel – piksel yang memiliki warna yang berdekatan. Kendala ini menjadi tantangan pada kompresi citra digital yang secara khusus menggunakan *color quantization* sebagai pendekatan utamanya. Penelitian ini mengembangkan model kuantisasi warna pada citra digital menggunakan nilai *max variance* dari setiap kanal RGB sebagai variable utama pada proses *clustering* sehingga dapat menjadi alternatif dalam kegiatan kuantisasi warna pada citra digital dengan proses yang sederhana namun dapat menjaga kualitas citra. Proses *clustering* diawali dengan sebuah *cluster* tunggal yang kemudian akan membentuk *cluster – cluster* baru berdasarkan nilai *max variance* dari nilai RGB piksel. Selanjutnya pengujian akan dilakukan pada kompresi *color quantization* pada citra 8bit dan 4bit untuk mengukur degradasi kualitas dari citra hasil kompresi berdasarkan nilai MSE.

2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, akan dijelaskan konsep dasar dari ide pendekatan *max variance clustering* pada *color quantization* dalam rangka meningkatkan kualitas pada citra hasil kompresi yang terdiri dari konsep *color quantization* dan pendekatan *max variance clustering* yang digunakan pada penelitian ini.

2.1. Color Quantization

Penelitian ini bertujuan untuk membangun dan menganalisa model kompresi citra digital menggunakan *color quantization* berbasis *clustering*

yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra hasil kompresi di mana kualitas citra hasil kompresi akan semakin terdegradasi seiring berkurangnya jumlah warna penyusun citra. *Color Quantization* secara konsep terdiri dari warna dasar pemetaan yang dapat dinotasikan dengan $Y = \{y_v | v = 1, 2, \dots, k\}$ yang mana kemudian setiap warna piksel x_i disubstitusikan ke warna y_v (Ding, Lu, Wu, & Li, 2007). Proses pemetaan atau substitusi warna pada *color quantization* sendiri dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu (Heckbert, 1982) :

1. Melakukan *sampling* citra asal untuk menghasilkan informasi statistik dari warna piksel citra.
2. Memilih peta warna atau *color map* berdasarkan informasi statistik warna piksel citra asal.
3. Melakukan pemetaan warna asli ke warna terdekat yang terdapat pada peta warna.
4. Melakukan kuantisasi.

Metode – metode yang digunakan pada kegiatan *color quantization* seperti *k-means clustering* yang dipaparkan oleh Frackiewicz (Frackiewicz, Mandrella, & Palus, 2019) tidaklah mencakup semua tahapan dari *color quantization* melainkan fokus kepada pembentukan *color palette* yang nantinya digunakan pada tahapan kuantisasi. Sedangkan pada proses kuantisasi sendiri dilakukan dengan konsep *nearest color* yang dapat diperoleh menggunakan persamaan *Euclidian distance*.

Konsep yang sama juga digunakan pada penelitian ini, di mana *max variance clustering* digunakan untuk membentuk *color palette* yang akan digunakan untuk proses kuantisasi menggunakan warna terdekat sehingga hasil citra dari metode ini adalah citra terindex yang mana setiap piksel berisikan indeks warna yang terdapat pada *color palette*.



Gambar 1. Tahapan Dasar Color Quantization

2.2. Max Variance Clustering

Metode *color quantization* menggunakan *max variance clustering* yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama sekali adalah membentuk *cluster* awal yang terdiri dari semua piksel yang menyusun citra input. Tahapan berikutnya dilakukan dengan menghitung nilai *variance* untuk setiap kanal R, G dan B dari

setiap piksel anggota *cluster* menggunakan persamaan (1).

$$Variance = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (1)$$

Variance cluster dihitung secara terpisah pada setiap kanal R, G dan B sehingga akan diperoleh tiga nilai *Variance* ($VarR$, $VarG$, dan $VarB$) yang kemudian akan dicari nilai *Variance* tertinggi (*max*) dari ketiganya.

$$MaxVar = Max(VarR, VarG, VarB) \quad (2)$$

Nilai *MaxVar* akan digunakan untuk memecah *cluster* awal menjadi dua buah *cluster* baru sehingga pada setiap proses pembentukan *cluster*, setiap *cluster* akan menghasilkan sebuah *cluster* baru. Pemecahan anggota *cluster* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan yang mirip dengan yang digunakan oleh Tropezado (Tropezado & Fernandez, 2016) yang menggunakan *median-cut* atau pemisahan *cluster* menggunakan nilai *median* anggota dari *cluster*. Dibandingkan penggunaan nilai *median*, penelitian ini menggunakan nilai *mean* dari kanal warna yang memiliki nilai *variance* terbesar (*max*) sebagai nilai batas untuk menentukan anggota *cluster* baru di mana setiap piksel anggota *cluster* yang memiliki nilai kanal warna dengan *max variance* yang lebih besar dari *mean* nilai kanal tersebut pada semua anggota *cluster* akan dipisahkan kedalam *cluster* baru.

$$C_{i+1} = \{z_j | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

Di mana :

$$z_j(k) \geq Mean_k(C_i) \quad (4)$$

$$Mean_k(C_i) = \frac{x_1(k) + x_2(k) + \dots + x_n(k)}{n_{C_i}} \quad (5)$$

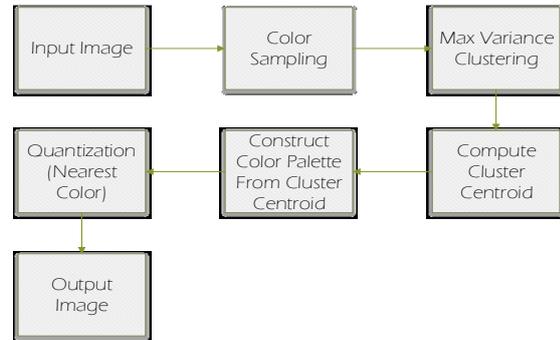
$$C_i = \{x_j | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (6)$$

Pada persamaan (3) dapat dilihat bahwa *cluster* baru C_{i+1} terdiri dari anggota z_j yang mana memiliki nilai kanal warna k di mana k adalah salah satu dari kanal warna RGB atau $k \in \{red, green, blue\}$ yang lebih besar sama dengan *mean* dari kanal warna k dari *cluster* sebelumnya C_i (4). Kanal warna k merupakan kanal warna yang terpilih berdasarkan dari pencarian nilai *MaxVar* pada persamaan (2). Secara sederhana dapat di-ilustrasikan sebagai berikut : Diperoleh nilai *variance* tertinggi pada *cluster* awal ditemukan pada kanal warna R (*Red*). Berdasarkan informasi tersebut, maka akan dihitung nilai $Mean_R$ atau *mean* untuk kanal warna R dari *cluster* tersebut. Berdasarkan nilai *mean* dari kanal R yang diperoleh, selanjutnya setiap anggota *cluster* akan membentuk *cluster* baru jika

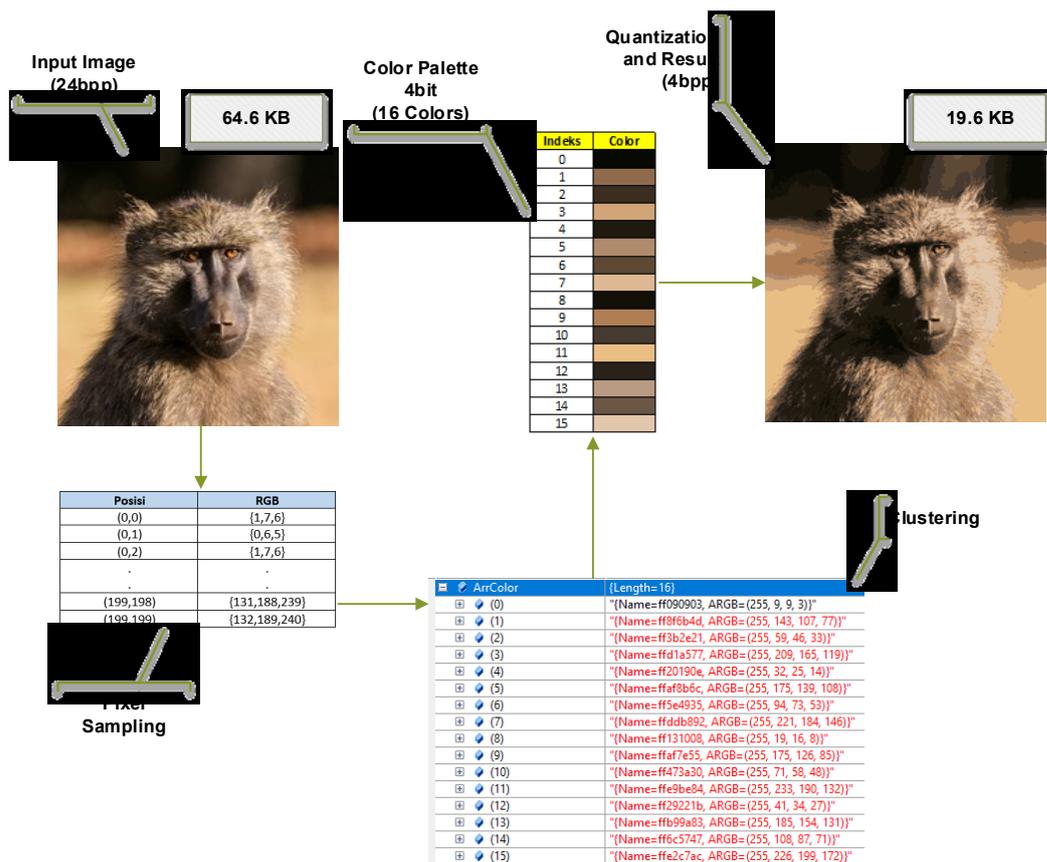
nilai kanal warna R nya lebih besar atau sama dengan dari nilai *mean* yang diperoleh. Pemisahan nilai *mean* digunakan untuk membagi anggota *cluster* menjadi dua *cluster* baru yang memiliki nilai lebih kecil dari *mean* dan lebih besar dari *mean* dengan tujuan untuk menekan nilai *variance* dari setiap kanal warna pada setiap *cluster*.

Proses pembentukan *cluster* baru akan terus dilakukan terhadap setiap *cluster* sampai jumlah *cluster* yang terbentuk sama dengan jumlah warna yang di-inginkan. Setelah proses *clustering* selesai, tahapan selanjutnya melakukan perhitungan nilai *centroid* dari setiap *cluster* yang mana nilai *centroid* tersebut diperoleh dari nilai *mean* pada setiap kanal warna (RGB) dari populasi *cluster*. Nilai *centroid* yang diperoleh dari nilai *mean* pada kanal R, G dan B dari populasi *cluster* kemudian akan digunakan sebagai referensi warna pada *color palette* yang dibentuk pada tahapan *construct color palette* di mana jumlah *cluster* yang terbentuk sama dengan jumlah warna yang di-inginkan pada *color palette* citra hasil. Tahapan akhir *quantization* kemudian dapat dilakukan dengan memetakan piksel dari citra asal ke warna yang telah disusun di dalam *color*

palette dengan menggunakan nilai warna terdekat menggunakan perhitungan jarak *Euclidian distance*. Selain menggunakan teknik pemetaan menggunakan perhitungan jarak warna terdekat, *quantization* juga dapat dilakukan dengan perubahan secara langsung nilai warna dari piksel citra asal menjadi nilai warna yang mengikuti nilai dari *centroid cluster* di mana piksel tersebut menjadi anggotanya.



Gambar 2. Tahapan Color Quantization Menggunakan Max Variance Clustering.



Gambar 3. Ilustrasi Proses Kompresi Menggunakan Color Quantization

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas hasil dari pendekatan *max variance clustering* pada kompresi citra menggunakan *color quantization* dilakukan dengan

menggunakan analisis terhadap nilai *variance*, MSE, PSNR dan rasio kompresi terhadap beberapa citra uji. Proses kompresi dan kuantisasi dilakukan dengan

menggunakan citra uji dengan format 32bpp yang kemudian akan menghasilkan citra dengan format 8bpp dan 4bpp. *Mean Squared Error* (MSE) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (x_{i,j} - y_{i,j})^2}{W \times H} \quad (7)$$

Di mana $x_{i,j}$ dan $y_{i,j}$ merupakan piksel pada posisi kolom - i dan baris - j dari citra input dan citra hasil. Sedangkan PSNR, *Compression Ratio* dan *Space Savings* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \quad (8)$$

$$CR = \frac{UncompressedSize}{CompressedSize} \quad (9)$$

$$Space Savings = \left(1 - \frac{CompressedSize}{UncompressedSize} \right) \times 100\% \quad (10)$$

Dataset atau data uji yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tujuh citra yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Dataset Pengujian

Citra dataset pengujian diberikan label untuk dapat di-identifikasi pada tabel hasil pengujian pada bagian analisa. Adapun label – label citra pengujian yang digunakan adalah “airplane”, “ambulance”, “phone”, “people”, “puma”, “motorcycle”, “truck”. Setiap citra latih yang digunakan memiliki komposisi dan variasi warna yang cukup tinggi sehingga perubahan kualitas yang terjadi pada citra setelah proses kuantisasi akan dengan mudah dapat dilihat.



(a)

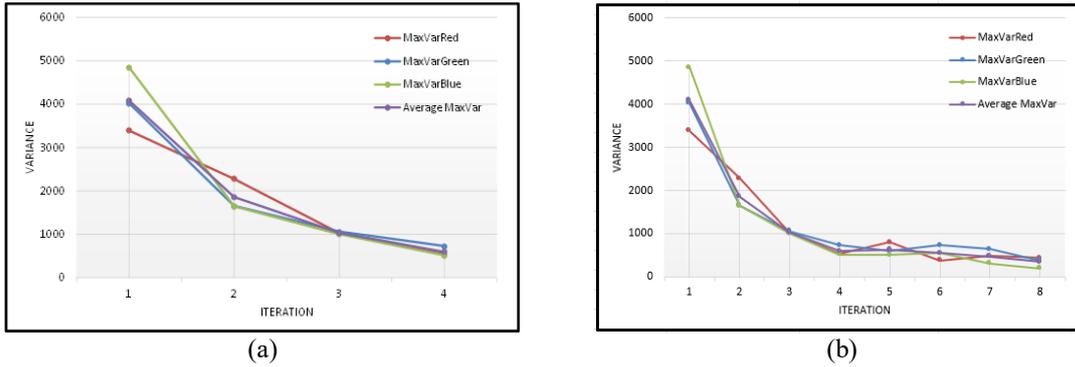


(b)



(c)

Gambar 5. Pengujian citra “airplane”, (a) Citra Input, (b) Kuantisasi 8bpp, (c) Kuantisasi 4bpp.



Gambar 6. Kurva *Max Variance* kuantisasi citra “airplane”, (a) Kuantisasi 4bpp, (b) Kuantisasi 8bpp

Pergerakan nilai *max variance* pada proses *clustering* semakin menurun seiring dengan iterasi dari proses *clustering*. Pada kuantisasi 4bpp (gambar 6.a) nilai *max variance* untuk setiap kanal pada setiap *cluster* menurun secara signifikan di mana penurunan rata – rata sebesar 85.4% yaitu dari rata – rata *max variance* sebesar 4086.11 pada iterasi pertama menjadi 595.69 pada iterasi terakhir. Kuantisasi pada format 8bpp (gambar 6.b) memberikan hasil yang tidak jauh

berbeda dibandingkan dengan 4bpp di mana setelah iterasi ke-empat pergerakan nilai *max variance* terkesan stabil tanpa kenaikan dan penurunan yang signifikan. Adapun secara rata – rata penurunan *variance* yang dihasilkan dari kuantisasi 8bpp adalah sebesar 91.66% yang mana nilai rata – rata *max variance* di awal iterasi yaitu sebesar 4086.11 turun menjadi 340.48 di akhir iterasi.

Tabel 1. Nilai Max Variance Kuantisasi 4bpp

Iterasi	Max Variance (Red)	Max Variance (Green)	Max Variance (Blue)	Avg Max Variance
1	3388.458786	4018.843739	4851.035088	4086.112538
2	2280.406329	1654.521102	1644.070948	1859.666126
3	1026.87692	1065.065216	1001.378773	1031.10697
4	540.8476672	729.5283684	516.7081877	595.6947411

Tabel 2. Nilai Max Variance Kuantisasi 8bpp

Iterasi	Max Variance (Red)	Max Variance (Green)	Max Variance (Blue)	Avg Max Variance
1	3388.458786	4018.843739	4851.035088	4086.112538
2	2280.406329	1654.521102	1644.070948	1859.666126
3	1026.87692	1065.065216	1001.378773	1031.10697
4	540.8476672	729.5283684	516.7081877	595.6947411
5	797.6841605	590.1182391	506.4633053	631.4219016
6	381.5444452	726.6164371	543.5053523	550.5554115
7	476.5969682	642.1608228	304.276047	474.3446126
8	438.5997833	382.9528736	199.8858392	340.4794987

Secara umum, nilai *max variance* baik ditinjau pada kanal warna secara terpisah maupun dari nilai *avg max variance* mengalami penurunan yang cukup besar. Namun, pada beberapa iterasi seperti yang dapat dilihat pada tabel 2 pada iterasi ke-5 terjadi kenaikan nilai *max variance* yang secara teori terjadi penurunan nilai homogenitas di dalam *cluster* pada *cluster* yang terbentuk pada iterasi tersebut. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, faktor pertama adalah pembentukan *cluster* baru menggunakan pemisahan menggunakan salah satu atribut yang memiliki *variance* tertinggi, sehingga terdapat kemungkinan pada *cluster* baru terjadi peningkatan

variance disebabkan oleh atribut lainnya. Faktor lainnya adalah pendekatan *clustering* yang digunakan pada penelitian ini tidak memiliki mekanisme tertentu seperti pemilihan alternatif *cluster* yang optimal seperti yang dibahas pada beberapa literatur yang khusus membahas mengenai homogenitas *cluster* (Hennig, 2017) (Fahim, 2018). Secara visual citra yang dihasilkan pada kuantisasi 8bpp memiliki kualitas yang cukup mendekati citra asli mengingat jumlah warna pada format 8bpp jauh lebih sedikit dibandingkan dengan format 32bpp yang dimiliki oleh citra asli. Sedangkan pada kuantisasi 4bpp degradasi kualitas mulai terlihat dengan jelas. MSE

dari citra “airplane” pada kuantisasi 4bpp diperoleh sebesar 14.54 dan PSNR sebesar 36.50, sedangkan pada kuantisasi 8bpp MSE yang diperoleh adalah sebesar 4.26 dan PSNR sebesar 41.83. Sedangkan rasio kompresi yang diperoleh pada kuantisasi 8bpp adalah sebesar 1.44 atau penghematan ruang penyimpanan sebesar 30.76% sedangkan pada kuantisasi 4bpp adalah sebesar 2.87 dengan penghematan ruang penyimpanan sebesar 65.15%.

Tabel 3. Rangkuman Pengujian Citra Uji Kuantisasi 4bpp

Citra	Avg Max Variance	MSE	PSNR
Airplane	595.694	14.54	36.50
Ambulance	1237.516	18.08	35.55
Phone	1527.699	18.52	35.45
People	665.969	16.12	36.06
Puma	715.555	13.39	36.86
Motorcycle	1255.900	18.95	35.35
Truck	838.614	19.62	35.2

Tabel 4. Rangkuman Pengujian Citra Uji Kuantisasi 8bpp

Citra	Avg Max Variance	MSE	PSNR
Airplane	340.479	4.26	41.83
Ambulance	658.256	5.19	40.97
Phone	721.426	5.26	40.92
People	362.910	5.54	40.69
Puma	113.522	3.87	42.25
Motorcycle	624.102	5.85	40.45
Truck	464.316	6.3	40.13

Tabel 5. Rasio Kompresi dan Persentase *Space Savings* Citra Uji Kuantisasi 4bpp

Citra	Compression Ratio	Space Savings (%)
Airplane	2.87	65.16
Ambulance	3.84	73.98
Phone	2.96	76.38
People	4.17	76.01
Puma	3.86	66.3
Motorcycle	4.23	74.08
Truck	3.76	73.41

Tabel 6. Rasio Kompresi dan Persentase *Space Savings* Citra Uji Kuantisasi 8bpp

Citra	Compression Ratio	Space Savings (%)
Airplane	1.44	30.77
Ambulance	1.93	48.28
Phone	1.47	52.49
People	2.09	52.31
Puma	1.92	32.23
Motorcycle	2.1	47.89
Truck	1.89	47.32

Pada kuantisasi 4bpp nilai *average max variance* dari citra hasil cukup bervariasi di mana dapat dilihat kekayaan atau variasi warna penyusun citra input memiliki pengaruh yang signifikan. Pada citra “airplane” yang mana memiliki *average max variance* terkecil memiliki variasi warna yang tidak terlalu mencolok dibandingkan dengan citra uji lain yang memiliki variasi warna yang cukup tinggi. Nilai MSE pada kuantisasi 4bpp berbanding lurus dengan besarnya nilai *average max variance* walaupun tidak selalu di mana pada dengan *average max variance* yang tinggi akan mengakibatkan tingginya nilai MSE yang menandakan besarnya degradasi kualitas yang terjadi. Untuk rasio kompresi pada kuantisasi 4bpp yang diperoleh cukup baik di mana rasio kompresi tertinggi mencapai 4.23 dengan rentang rasio antara 2.87 – 4.23 sehingga kebutuhan penampungan citra menjadi lebih sedikit. Sedangkan pada kuantisasi 8bpp, nilai *average max variance* cenderung rendah bahkan untuk citra “puma” rata-rata *max variance* yang diperoleh hanya sebesar 113.52. Pada citra uji lainnya seperti “ambulance”, “phone” dan “motorcycle” memiliki nilai *average max variance* yang cukup tinggi bahkan lebih tinggi dibandingkan dari citra “airplane” pada kuantisasi 4bpp. Rasio kompresi pada yang diperoleh pada citra dengan kuantisasi 8bpp yang diberikan juga cukup baik yaitu antara 1.44 – 2.09 dengan kualitas rata-rata yang lebih baik dilihat dari nilai MSE yang diperoleh dibandingkan dengan kuantisasi 4bpp.

Implementasi *max variance clustering* pada kompresi citra digital berbasis *color quantization* menunjukkan hasil yang cukup baik dari sisi kualitas dan rasio kompresi pada kuantisasi 8bpp dan 4bpp. Dengan pemisahan *cluster* berdasarkan nilai *variance* mampu menekan nilai *variance* yang terdapat pada *cluster* yang berdampak pada kualitas citra hasil kuantisasi. Kuantisasi menggunakan *max variance clustering* yang digunakan pada penelitian juga memberikan proses yang cukup cepat karena sifatnya yang linear di mana jumlah iterasi sesuai dengan jumlah *cluster* yang di-inginkan.

4. KESIMPULAN

Metode *max variance clustering* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model pembentukan *cluster* sederhana yang memisahkan anggota *cluster* berdasarkan nilai *max variance* dari setiap kanal RGB secara terpisah. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa model *max variance clustering* yang digunakan pada penelitian ini mampu menekan tingkat *variance* pada *cluster* yang mana berdampak pada meningkatnya kualitas citra hasil kompresi menggunakan *color quantization*. Pada kuantisasi 8bpp, degradasi kualitas citra hasil kompresi yang terjadi sangat kecil di mana dapat dilihat pada nilai MSE yang diperoleh yang hanya berkisar 3.87 sampai 6.3. Pada kuantisasi 4bpp yang mana akan menghasilkan rasio kompresi yang lebih tinggi lagi, degradasi kualitas citra juga

tidak terlalu signifikan yang mana nilai MSE yang diperoleh masih berkisar antara 13 - 20 dibandingkan dengan rasio kompresi yang diperoleh yang mampu mencapai 4.23 atau penghematan penyimpanan sebesar 76.4%. Walaupun begitu, *clustering* menggunakan *max variance* yang digunakan pada penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan di mana walaupun nilai *max variance* dapat berkurang seiring iterasi namun tidak ada mekanisme untuk memvalidasi *cluster* sehingga homogenitas *cluster* sangat bergantung pada jumlah iterasi. Sehingga kekurangan ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan di penelitian yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- ADIWIJAYA, MAHARANI, M., DEWI, B., YULIANTO, F., & PURNAMA, B., 2013. Digital Image Compression using Graph Coloring Quantization Based on Wavelet-SVD. *Journal of Physics: Conference Series* 423 012019.
- CHANG, Y., DAH-JYE, L., & ARCHIBALD, J., 2007. Using Color Variation to Mimic Human Visual Perception for Color Image Quantization. *International Journal of Information Technology and Intelligent Computing*, 4, pp. 127-132.
- DING, W., LU, Y., WU, F., & LI, S., 2007. Rate-distortion optimized color quantization for compound image compression - art. no. 65082Q. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 10.1117/12.705185.
- FRACKIEWICZ, M., MANDRELLA, A., & PALUS, H., 2019. Fast Color Quantization by K-Means Clustering Combined with Image Sampling. *Symmetry*, 11, 963, doi:10.3390/sym11080963.
- Fahim, A. (2018). Homogeneous Densities Clustering Algorithm. *I.J. Information Technology and Computer Science*, pp. 1-10, DOI: 10.5815/ijitcs.2018.10.01.
- HECKBERT, P., 1982. Color image quantization for frame buffer display. *Computer Graphics*, Vol. 16, No. 3, pp. 297-307.
- Hennig, C. (2017). Cluster Validation By Measurement Of Clustering Characteristics Relevant To The User. *arXiv preprint arXiv:1703.09282*.
- LIU, G.-H., & YANG, J.-Y., 2013. Content-based image retrieval using color difference histogram. *Pattern Recognition*, Volume 46, Issue 1, pp. 188-198, ISSN 0031-3203, <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2012.06.001>.
- MÁRQUEZ, S., & RIVERON, E., 2008. A Simple and Effective Method of Color Image Quantization. 5197. 749-757. 10.1007/978-3-540-85920-8_91.
- NGO, G., & MACABEBE, E., 2016. Image segmentation using K-means color quantization and density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) for hotspot detection in photovoltaic modules. *IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, Singapore, 2016, pp. 1614-1618.
- OZTURK, C., HANCER, E., & KARABOGA, D., 2014. Color Image Quantization: A Short Review and an Application with Artificial Bee Colony Algorithm. *INFORMATICA*. 25. 10.15388/Informatica.2014.25, pp. 485-503.
- PRABOWO, H., & AHMAD, T., 2018. Peningkatan Kualitas Citra Stego pada Adaptive Pixel Block Grouping Reduction Error Expansion dengan Variasi Model Scanning pada Pembentukan Kelompok Pikel. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*; Vol 5, No 2, <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.201852633>.
- SUMIJAN, PURNAMA, P., & ARLIS, S., 2019. Peningkatan Kualitas Citra CT-Scan dengan Penggabungan Metode Filter Gaussian dan Filter Median. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*; Vol 6, No 6, <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.201966870>.
- THOMPSON, S., CELEBI, M., & BUCK, K., 2019. Fast color quantization using MacQueen's k means algorithm. *Journal of Real-Time Image Processing*, <https://doi.org/10.1007/s11554-019-00914-6>.
- TROPEZADO, J., & FERNANDEZ, P., 2016. Uniform Partition Mean-based Color Quantization for Image Compression. *Conference: 14th National Conference on Information Technology Education (NCITE 2016)*.
- VEENMAN, C., REINDERS, M., & BACKER, E., 2002. A maximum variance cluster algorithm. *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *IEEE Transactions on*. 24. 1273-1280. 10.1109/TPAMI.2002.1033218.
- XIANG, Z., 1997. Color Image Quantization by Minimizing the Maximum Intercluster Distance. *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 16, No. 3, 260-276.
- ZAQOUT, I., 2014. Content-Based Image Retrieval using Color Quantization and Angle Representation. *INTERNATION JOURNAL OF COMPUTERS AND TECHNOLOGY*, Vol. 13, No. 10, ISSN 2277-3061, 5094-5104.