

Kajian Algoritma Peningkatan Kontras Citra Dengan Fast Hue Dan Range Preserving Histogram Equalization Specification

Pahala Sirait¹, Albert², Hendri³, Juniardi H⁴, Hernawati Gohzali⁵

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

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Informatika, STMIK Mikroskil, Medan

¹pahala@mikroskil.ac.id, ²albertz_7@hotmail.com, ³hendri.wizard@gmail.com,

⁴lord@paleo@yahoo.com, ⁵hernawati@mikroskil.ac.id

Abstrak

Faktor pencahayaan yang kurang saat suatu citra diakuisisi membuat citra menjadi gelap. Untuk memperbaiki tingkat kecerahan kontras citra, beberapa metode telah dilakukan seperti Fast Hue and Range Preserving Histogram Equalization Specification yang meliputi Algoritma Naik and Murthy, algoritma Optimal Range-Preserving Enhancement, algoritma Multiplicative Color Enhancement dan algoritma Additive Color Enhancement. Pada tahap awal dilakukan proses perataan histogram (Histogram Equalization (HE)). Namun dari beberapa referensi belum dapat ditentukan algoritma yang lebih baik dalam proses peningkatan kontras tersebut. Skenario pengujian dilakukan dengan menurunkan nilai lightness dari suatu citra, memproses citra gelap dengan algoritma yang dibahas, dan mengukur perbedaan citra hasil algoritma dengan citra asli menggunakan Structural Similarity Index (SSIM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai SSIM tertinggi didapatkan dengan menggunakan algoritma Optimal Range-Preserving Enhancement dan algoritma Multiplicative Color Enhancement. Pada algoritma Optimal Range-Preserving Algorithm, nilai SSIM tertinggi diperoleh dengan menggunakan nilai Lamda (λ) di atas 0.6.

Kata kunci— Peningkatan Kontras Citra, Restorasi Citra, Histogram Equalization, Fast Hue and Range Preserving, SSIM.

Abstract

The low lightening factos when an image was acquired to make it become darker. To fix the level of brightness image contrast, several methods have been done such as Fast Hue and Range Preserving Histogram Equalization Algorithms Specification which includes Naik and Murthy algorithm, Optimal Range- Preserving Enhancement algorithm, Multiplicative Color Enhancement algorithms and Additive Color Enhancement algorithms. In the early stages carried out the process of flattening the histogram (Histogram Equalization (HE)). However, some reference Undetermined better algorithms in the process of increasing the contrast. Scenario testing is done by lowering the value of the lightness of an image, the dark image processing algorithms are discussed, and measure the difference image algorithm results with the original image using the Structural Similarity Index (SSIM). The result of this study shows that the highest value obtained using the SSIM algorithm-Preserving Optimal Range Enhancement and Color Enhancement Multiplicative algorithms. On the Range Preserving Optimal algorithm, the highest value of SSIM obtained using the value of Lamda (λ) above 0.6.

Keywords— Image Contrasting Enhancement, Image Restoration, Histogram Equalization, Fast Hue and Range Preserving, SSIM.

1. PENDAHULUAN

Pada pengambilan suatu citra melalui kamera, sering sekali ditemukan permasalahan, seperti warna citra yang diambil terlalu gelap. Citra yang terlalu gelap dapat diperbaiki komposisi warnanya, sehingga dihasilkan citra yang lebih baik. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan metode Fast Hue and Range Preserving Histogram.

Metode Fast Hue and Range Preserving Histogram Equalization Specification terdiri dari beberapa algoritma baru yang merupakan perkembangan dari algoritma Hue-Preserving without gamut

(Naik dan Murthy, 2003) dan merupakan metode yang melestarikan warna dan gamut dari channel R, G, B secara optimal. Metode ini bertujuan untuk memperbaiki citra warna dalam ruang RGB (*Red, Green, Blue*) yang merupakan tiga fitur penting yang dinamakan *hue and range (gamut) preservation* dan *low computational complexity*. *Hue* memiliki properti yang bagus dalam perubahan arah warna dan intensitas cahaya. Jadi, dengan melestarikan (*preversing*) nilai *Hue*, maka peningkatan kecerahan citra akan menghasilkan tampilan yang lebih berwarna. Awalnya, citra yang gelap diproses dulu dengan algoritma *Histogram Equalization* (HE) sehingga komposisi warna menjadi lebih merata.

Setelah itu, intensitas warna citra asli dan target intensitas (hasil HE) dimasukkan ke metode *Fast Hue and Range Preserving Histogram Specification*. Tes numerik menunjukkan bahwa hasil dari metode ini mampu meningkatkan kualitas citra. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Structural Similarity Index* (SSIM), dengan pertimbangan bahwa SSIM mampu memberikan indikasi pengukuran yang lebih baik terhadap kualitas citra, bila dibandingkan dengan menggunakan metode pengukuran *Mean Squared Error*. [7]

Sesuai uraian di atas, permasalahan yang ditemukan dalam penelitian ini adalah perlunya dilakukan kajian untuk mendapatkan metode terbaik dalam memperbaiki dan meningkatkan kualitas kontras citra yang terdegradasi oleh faktor pencahayaan. Penentuan metode terbaik yang diukur berdasarkan *Mean Squared Error* akan menjadi kontribusi utama dalam penelitian ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peningkatan Kecerahan Citra

Operasi dasar yang sering dilakukan pada citra adalah peningkatan kecerahan (*brightness*). Operasi ini diperlukan dengan tujuan membuat gambar menjadi lebih terang. Secara matematis, peningkatan kecerahan dilakukan dengan cara menambahkan suatu konstanta terhadap nilai seluruh piksel. Misalkan, $f(y,x)$ menyatakan nilai piksel pada citra berskala keabuan pada koordinat (y,x) , maka fungsi untuk meningkatkan kecerahan adalah:

$$g(y,x) = f(y,x) + \beta \quad (1)$$

Citra baru g telah meningkat nilai kecerahan semua pikselnya sebesar β terhadap citra asli $f(y,x)$. Apabila β berupa bilangan negatif, kecerahan akan menurun atau menjadi lebih gelap [3]. Bila β diubah ke dalam bentuk persentase, maka fungsinya adalah sebagai berikut:

$$g(y,x) = f(y,x) + (f(y,x) * \beta/100) \quad (2)$$

Citra baru g telah meningkat / menurun kecerahannya sebanyak β persen.

2.2. Histogram Equalization

Histogram adalah grafik yang menunjukkan frekuensi kemunculan setiap nilai gradasi warna. Bila digambarkan pada koordinat kartesian, maka sumbu X (absis) menunjukkan tingkat warna dan sumbu Y (ordinat) menunjukkan frekuensi kemunculan. [6]

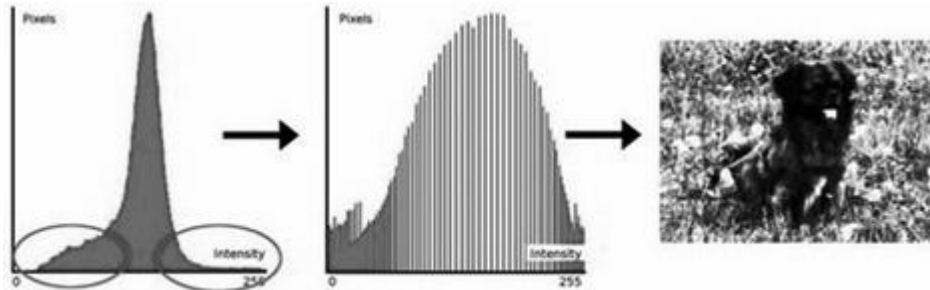
Ada empat tipe dasar citra yang dapat digambarkan dengan sebuah histogram yaitu:[1]

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

Ekualisasi histogram / perataan histogram (*Histogram Equalization* / HE) atau disebut algoritma-1 (dalam Tugas Akhir ini) 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 gradasinya 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 HE adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah piksel yang relatif sama. [6]

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



Gambar 1. Hasil Histogram Equalization dan Histogram

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

$$h(v) = \text{round} \left(\frac{cdf(v) - cdf_{\min}}{(M \times N) - cdf_{\min}} \times (BatasAtas - BatasBawah) + BatasBawah \right) \quad (3)$$

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*. [2]

2.3. Fast Hue and Range Preserving Histogram Specification

Hue Preservation diperlukan untuk meningkatkan gambar warna. Distorsi dapat terjadi jika rona (hue) tidak diawetkan.

2.3.1. Algoritma Naik and Murthy

Algoritma *Naik and Murthy* atau algoritma-2 menggunakan target intensitas (\hat{f}) dari algoritma-1. Detail algoritma-2 adalah sebagai berikut: [5]

1. Gunakan intensitas f dari w dan target intensitas \hat{f} dari algoritma-1.
2. Untuk $L = 256$ dan $c \in (r, g, b)$, hitung

$$(i). \quad \hat{w}_c[i] = \frac{\hat{f}(i)}{f(i)} w_c[i] \quad \text{jika } \frac{\hat{f}(i)}{f(i)} \leq 1 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$(ii). \quad \hat{w}_c[i] = \frac{L-1-\hat{f}(i)}{L-1-f(i)} (w_c[i] - f[i]) + \hat{f}[i] \quad \text{jika } \frac{\hat{f}(i)}{f(i)} > 1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

2.3.2. Algoritma Optimal Range-Preserving Enhancement

Algoritma *Optimal Range-Preserving Enhancement* atau algoritma-3 menggunakan target intensitas (\hat{f}) dari algoritma-1. Detail algoritma-3 adalah sebagai berikut: [5]

1. Gunakan intensitas f dari w dan target intensitas \hat{f} dari algoritma-1.
2. Untuk $i \in I_n$ hitung:

$$M[i] = \max \{w_c[i] : c \in \{r, g, b\}\}$$

$$m[i] = \min \{w_c[i] : c \in \{r, g, b\}\}$$

Jika $f[i] = 0$ maka $\hat{w}[i] = 0$. Jika $f[i] \neq 0$, hitung:

Untuk semua $c \in (r, g, b)$:

$$d[i] = \lambda \frac{\hat{f}[i]}{f[i]} + (1 - \lambda)$$

$$G_m^z[i] = d[i](m[i] - f[i]) + \hat{f}[i]$$

$$G_M^z[i] = d[i](M[i] - f[i]) + \hat{f}[i]$$

dan untuk semua $c \in \{r, g, b\}$:

a. Jika $G_m^z[i] \geq 0$ dan $G_M^z[i] \leq L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = d[i](w_c[i] - f[i]) + \hat{f}[i] \quad (6)$$

b. Jika $G_M^z[i] > L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{L-1-\hat{f}(i)}{M[i]-f(i)}(w_c[i] - f[i]) + \hat{f}[i] \quad (7)$$

c. Jika $G_m^z[i] < 0$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{\hat{f}(i)}{f[i]-m[i]}(w_c[i] - f[i]) + \hat{f}[i] \quad (8)$$

2.3.3. Algoritma Multiplicative Color Enhancement

Algoritma *Multiplicative Color Enhancement* atau algoritma-4 menggunakan target intensitas (\hat{f}) dari algoritma-1. Detail algoritma-4 adalah sebagai berikut: [5]

1. Gunakan intensitas f dari w dan target intensitas \hat{f} dari algoritma-1.
2. Untuk $i \in I_n$ hitung $M[i] = \max \{w_c[i] : c \in \{r, g, b\}\}$. Jika $f[i] = 0$ maka $\hat{w}[i] = 0$. Jika tidak, maka hitung:

$$G_M[i] = \frac{\hat{f}[i]}{f[i]} M[i]$$

dan untuk semua $c \in \{r, g, b\}$:

a. Jika $G_M[i] \leq L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{\hat{f}(i)}{f[i]} w_c[i] \quad (9)$$

b. Jika $G_M[i] > L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{L-1-\hat{f}(i)}{M[i]-f(i)}(w_c[i] - f[i]) + \hat{f}[i] \quad (10)$$

2.3.3. Algoritma Additive Color Enhancement

Algoritma *Additive Color Enhancement* atau algoritma-5 menggunakan target intensitas (\hat{f}) dari algoritma-1. Detail algoritma-5 adalah sebagai berikut: [5]

1. Gunakan intensitas f dari w dan target intensitas \hat{f} dari algoritma-1

2. Jika $f[i] = 0$ maka $\hat{w}[i] = 0$. Jika tidak, maka hitung:

$$M[i] = \max \{w_c[i] : c \in \{r, g, b\}\}$$

$$m[i] = \min \{w_c[i] : c \in \{r, g, b\}\}$$

$$G_m^o[i] = m[i] - f[i] + \hat{f}[i]$$

$$G_M^o[i] = M[i] - f[i] + \hat{f}[i]$$

a. Jika $G_m^o[i] \geq 0$ dan $G_M^o[i] \leq L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = w_c[i] - f[i] + \hat{f}[i] \quad (11)$$

b. Jika $G_M^o[i] > L-1$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{L-1-\hat{f}(i)}{M[i]-f(i)} (w_c[i] - f[i] + \hat{f}[i]) \quad (12)$$

c. Jika $G_m^o[i] < 0$, maka:

$$\hat{w}_c[i] = \frac{\hat{f}(i)}{f[i]-m[i]} (w_c[i] - f[i] + \hat{f}[i]) \quad (13)$$

2.4. Structural Similarity Index (SSIM)

Structural Similarity Index (SSIM) adalah pendekatan baru yang diusulkan untuk menilai kualitas gambar. Indeks SSIM adalah metode untuk mengukur kesamaan atau perbedaan antara dua set gambar. Indeks SSIM adalah referensi metrik penuh, dengan kata lain, ukuran kualitas gambar didasarkan pada citra terdistorsi dan citra awal sebagai acuan. Indeks SSIM dapat dihitung sebagai berikut: [7]

$$SSIM(x, y) = \frac{(2 \times \bar{x} \cdot \bar{y} + C_1) \cdot (2 \times \sigma_{xy} + C_2)}{(\bar{x}^2 + \bar{y}^2 + C_1) \cdot (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (14)$$

dimana,

- \bar{x} = rata-rata dari x

- \bar{y} = rata-rata dari y

$$- \sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

$$- \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

- Standard deviasi dari x dan y :

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

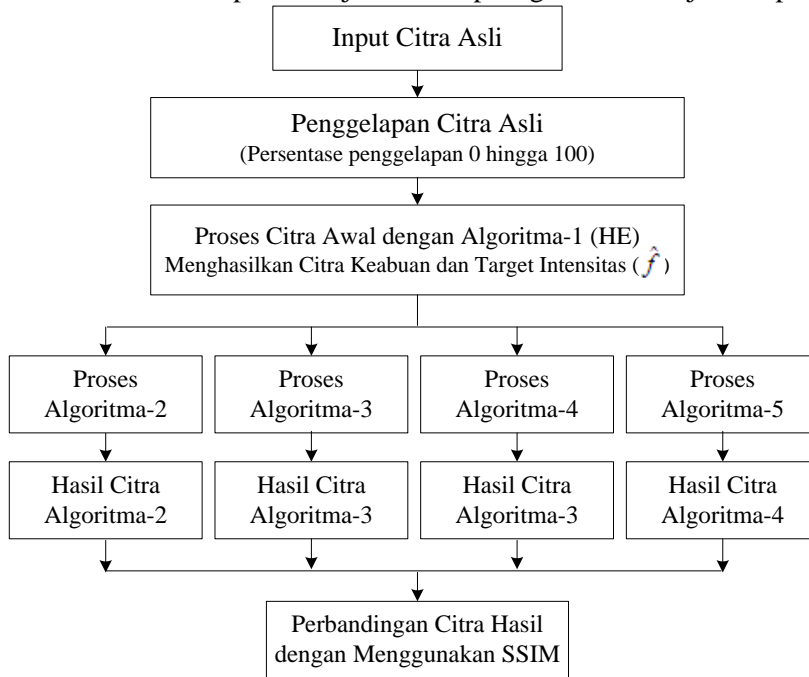
- $C_1 = (k_1 \cdot L)^2$, $C_2 = (k_2 \cdot L)^2$; dua variable untuk menstabilkan divisi dengan penyebut yang lemah, $L = 256$ dan secara umum $k_1 = 0.01$ dan $k_2 = 0.03$ [4]

3. METODE PENELITIAN

Di dalam aplikasi, proses awal yang dilakukan adalah memasukkan citra asli, lalu citra asli digelapkan dan hasilnya akan menjadi citra awal untuk diproses oleh kelima algoritma berikut: algoritma *Histogram Equalization* (HE), Algoritma *Naik and Murthy*, algoritma *Optimal Range-Preserving Enhancement*, algoritma *Multiplicative Color Enhancement* dan algoritma *Additive Color Enhancement*.

Citra awal yang telah digelapkan dengan intensitas *lightness* tertentu akan dimasukkan ke algoritma HE (algoritma-1), algoritma ini berfungsi untuk menghasilkan target intensitas (\hat{f}) dari

intensitas keabuan citra awal (f). Hasil dari HE adalah citra keabuan dengan histogram ternormalisasi dari 0 hingga 255. Target intensitas yang dihasilkan oleh algoritma HE akan digunakan oleh keempat algoritma lainnya (algoritma-2 hingga algoritma-5) untuk meningkatkan warna pada citra awal. Hasil citra dari kelima algoritma akan dibandingkan dengan menggunakan metode *Structural Similarity Index* (SSIM) sehingga dapat diketahui citra yang memiliki kualitas terbaik atau paling mirip dengan citra asli sebelum digelapkan. Secara umum, proses kajian beberapa algoritma ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Peningkatan Kontras Citra

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian algoritma menggunakan citra dari *dataset Wang* dengan ukuran 256 x 384 piksel. Berikut adalah skenario pengujian yang dilakukan:

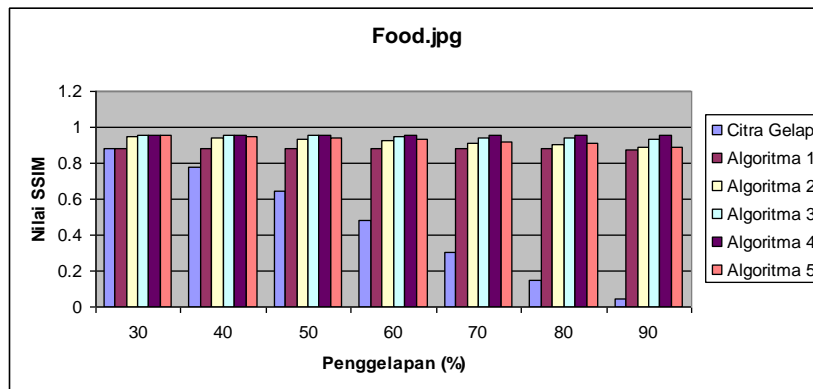
1. Pengujian dengan beberapa tingkat persentase penggelapan dan hasil SSIM dari citra yang dihasilkan oleh algoritma. Pengujian dilakukan dengan persentase penggelapan 30 hingga 90 persen, nilai lamda = 0.5, batas bawah HE = 0 dan batas atas HE = 255 terhadap citra. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian Beberapa Tingkat Persentase Penggelapan

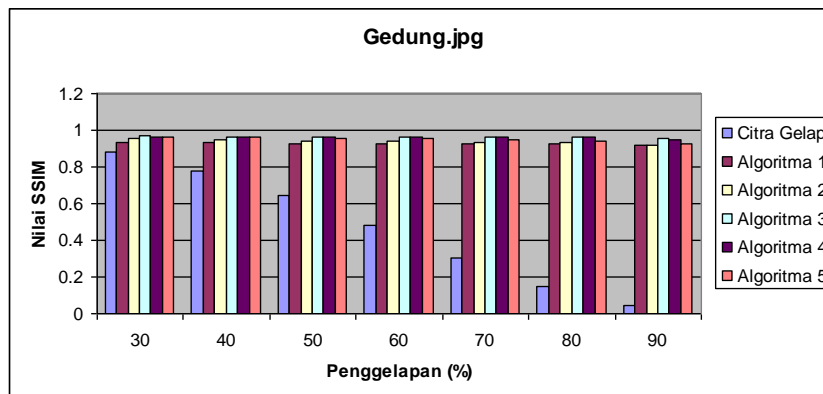
Nama File	Gelap (%)	Nilai SSIM					
		Citra Digelapkan	Algoritma ke-				
			1	2	3 ($\lambda = 0.5$)	4	5
Food.jpg	30	0.8833112	0.879674	0.951653	0.9581607	0.958216	0.957086
Food.jpg	40	0.779548	0.879764	0.943897	0.9555243	0.95825	0.951147
Food.jpg	50	0.6419618	0.879524	0.93368	0.9520397	0.958124	0.942838
Food.jpg	60	0.478129	0.87953	0.922639	0.9482978	0.95819	0.93289
Food.jpg	70	0.3059451	0.879633	0.911489	0.9441652	0.958446	0.921515
Food.jpg	80	0.1509802	0.879439	0.900212	0.9396527	0.958611	0.908493
Food.jpg	90	0.0414686	0.87672	0.886632	0.9331619	0.95779	0.891656
Market.jpg	30	0.8834286	0.89891	0.909005	0.9191727	0.918018	0.915796
Market.jpg	40	0.7796867	0.898934	0.907503	0.9190482	0.918103	0.914268

Market.jpg	50	0.6420619	0.898329	0.90537	0.9180928	0.917377	0.911746
Market.jpg	60	0.4783801	0.898062	0.903653	0.9174978	0.917023	0.909329
Market.jpg	70	0.30649	0.896787	0.900952	0.9158569	0.915719	0.905656
Market.jpg	80	0.1513389	0.894986	0.897644	0.913352	0.913146	0.90112
Market.jpg	90	0.0415275	0.887864	0.88914	0.9067239	0.90572	0.891231

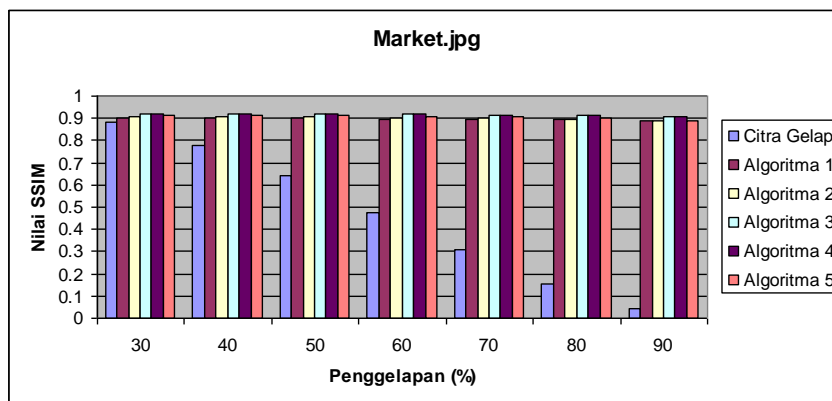
Pada tabel 1, terlihat bahwa peningkatan persentase penggelapan berbanding terbalik dengan nilai SSIM. Semakin tinggi persentase penggelapan suatu citra (semakin gelap citra), maka semakin rendah nilai SSIM yang dihasilkan oleh algoritma, atau dengan kata lain kualitas citra hasil algoritma semakin jauh berbeda dengan citra asli. Tampilan pengujian dalam bentuk diagram batang dapat dilihat pada gambar 3 hingga gambar 5.



Gambar 3. Diagram Pengujian Persentase Kegelapan (Food.jpg)



Gambar 4. Diagram Pengujian Persentase Kegelapan (Gedung.jpg)



Gambar 5. Diagram Pengujian Persentase Kegelapan (Market.jpg)

2. Pengujian untuk mengetahui algoritma yang mendapatkan nilai SSIM terbaik. Pengujian dilakukan dengan persentase penggelapan 30 hingga 90 persen, nilai lamda = 0.5 dan batas bawah HE = 0 dan batas atas HE = 255 terhadap 10 buah citra. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Nilai SSIM Terbaik

Nama File	Gelap (%)	Nilai SSIM					Nilai SSIM Terbaik
		Algoritma ke-					
		1	2	3 ($\lambda = 0.5$)	4	5	
Beach.jpg	50	0.676439	0.725342	0.7914009	0.789785	0.758056	Algoritma-3
Bus.jpg	50	0.749208	0.759693	0.7755827	0.763409	0.77029	Algoritma-3
Elephant.jpg	50	0.772536	0.797572	0.8369587	0.836147	0.821554	Algoritma-3
Food.jpg	50	0.879524	0.93368	0.9520397	0.958124	0.942838	Algoritma-4
Gedung.jpg	50	0.92947	0.944029	0.9652764	0.963876	0.957184	Algoritma-3
Horses.jpg	50	0.858701	0.869208	0.8791448	0.875825	0.873526	Algoritma-3
Kid.jpg	50	0.788761	0.810572	0.8416621	0.840608	0.828538	Algoritma-3
Market.jpg	50	0.898329	0.90537	0.9180928	0.917377	0.911746	Algoritma-3
Scene.jpg	50	0.745856	0.772584	0.8101979	0.813927	0.794621	Algoritma-4
Store.jpg	50	0.864723	0.894754	0.929514	0.930176	0.913696	Algoritma-4
Beach.jpg	60	0.675385	0.714106	0.7884462	0.788127	0.743662	Algoritma-3
Bus.jpg	60	0.747767	0.756081	0.7742954	0.761906	0.765709	Algoritma-3
Elephant.jpg	60	0.772251	0.791857	0.8353175	0.835666	0.813343	Algoritma-4
Food.jpg	60	0.87953	0.922639	0.9482978	0.95819	0.93289	Algoritma-4
Gedung.jpg	60	0.929046	0.940307	0.9641876	0.963325	0.952584	Algoritma-3
Horses.jpg	60	0.857631	0.866061	0.877667	0.874665	0.870045	Algoritma-3
Kid.jpg	60	0.788218	0.805444	0.84041	0.839911	0.822141	Algoritma-3
Market.jpg	60	0.898062	0.903653	0.9174978	0.917023	0.909329	Algoritma-3
Scene.jpg	60	0.744999	0.766217	0.8076138	0.813064	0.786516	Algoritma-4
Store.jpg	60	0.864171	0.887904	0.9278425	0.929652	0.905788	Algoritma-4
Beach.jpg	70	0.673888	0.702456	0.7846319	0.785632	0.72706	Algoritma-4
Bus.jpg	70	0.745694	0.75181	0.7722504	0.758902	0.75995	Algoritma-3
Elephant.jpg	70	0.77146	0.785726	0.8327847	0.834361	0.803273	Algoritma-4
Food.jpg	70	0.879633	0.911489	0.9441652	0.958446	0.921515	Algoritma-4
Gedung.jpg	70	0.928144	0.936223	0.9625122	0.962253	0.946799	Algoritma-3

Horses.jpg	70	0.85577	0.862076	0.8753398	0.872629	0.865466	Algoritma-3
Kid.jpg	70	0.786848	0.799557	0.8381143	0.838366	0.813869	Algoritma-4
Market.jpg	70	0.896787	0.900952	0.9158569	0.915719	0.905656	Algoritma-3
Scene.jpg	70	0.743912	0.759589	0.804913	0.811863	0.776895	Algoritma-4
Store.jpg	70	0.863066	0.880519	0.9254941	0.928528	0.89608	Algoritma-4
Beach.jpg	80	0.670389	0.689021	0.7784551	0.780226	0.706945	Algoritma-4
Bus.jpg	80	0.739948	0.743891	0.7659822	0.750835	0.749858	Algoritma-3
Elephant.jpg	80	0.769422	0.778579	0.8285104	0.831371	0.791144	Algoritma-4
Food.jpg	80	0.879439	0.900212	0.9396527	0.958611	0.908493	Algoritma-4
Gedung.jpg	80	0.926126	0.931341	0.9595298	0.959675	0.939226	Algoritma-4
Horses.jpg	80	0.851771	0.855875	0.8709396	0.86835	0.858492	Algoritma-3
Kid.jpg	80	0.784227	0.792522	0.8345546	0.835389	0.803274	Algoritma-4
Market.jpg	80	0.894986	0.897644	0.913352	0.913146	0.90112	Algoritma-3
Scene.jpg	80	0.739735	0.749701	0.7986326	0.807292	0.762784	Algoritma-4
Store.jpg	80	0.86104	0.872467	0.9220664	0.926515	0.884267	Algoritma-4
Beach.jpg	90	0.658879	0.667772	0.762783	0.762403	0.67752	Algoritma-3
Bus.jpg	90	0.720422	0.722298	0.7443945	0.725432	0.725411	Algoritma-3
Elephant.jpg	90	0.762162	0.766501	0.8187746	0.821864	0.773138	Algoritma-4
Food.jpg	90	0.87672	0.886632	0.9331619	0.95779	0.891656	Algoritma-4
Gedung.jpg	90	0.919649	0.922076	0.9521617	0.950956	0.926607	Algoritma-3
Horses.jpg	90	0.837638	0.839684	0.8566751	0.853366	0.841124	Algoritma-3
Kid.jpg	90	0.775314	0.7793	0.8251794	0.825969	0.785404	Algoritma-4
Market.jpg	90	0.887864	0.88914	0.9067239	0.90572	0.891231	Algoritma-3
Scene.jpg	90	0.730082	0.734726	0.7857953	0.796049	0.742082	Algoritma-4
Store.jpg	90	0.853852	0.859201	0.9143985	0.919058	0.866169	Algoritma-4

Pada tabel 2, terlihat bahwa nilai SSIM tertinggi didapatkan dengan menggunakan algoritma ke-3 (*Optimal Range-Preserving Enhancement*) dan algoritma ke-4 (*Multiplicative Color Enhancement*).

- Pengujian kualitas citra hasil algoritma-3 dengan nilai lamda (λ) yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan persentase penggelapan 50 persen dan batas bawah HE = 0 dan batas atas = 255 terhadap 10 citra. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Nilai Lamda (λ) Berbeda untuk Algoritma ke-3

Nama File	Lamda	SSIM Algoritma-3	Nama File	Lamda	SSIM Algoritma-3	Nama File	Lamda	SSIM Algoritma-3
Beach.jpg	0	0.75805561	Gedung.jpg	0	0.75805561	Horses.jpg	0	0.87352596
Beach.jpg	0.1	0.76914351	Gedung.jpg	0.1	0.76914351	Horses.jpg	0.1	0.87533161
Beach.jpg	0.2	0.7778131	Gedung.jpg	0.1	0.7778131	Horses.jpg	0.2	0.87681277
Beach.jpg	0.3	0.78413728	Gedung.jpg	0.2	0.78413728	Horses.jpg	0.3	0.87802792
Beach.jpg	0.4	0.78855456	Gedung.jpg	0.3	0.78855456	Horses.jpg	0.4	0.87880104
Beach.jpg	0.5	0.79140085	Gedung.jpg	0.4	0.79140085	Horses.jpg	0.5	0.8791448
Beach.jpg	0.6	0.79285255	Gedung.jpg	0.5	0.79285255	Horses.jpg	0.6	0.87916111
Beach.jpg	0.7	0.79321028	Gedung.jpg	0.6	0.79321028	Horses.jpg	0.7	0.87877726
Beach.jpg	0.8	0.79273601	Gedung.jpg	0.7	0.79273601	Horses.jpg	0.8	0.87818608

Beach.jpg	0.9	0.79152869	Gedung.jpg	0.8	0.79152869	Horses.jpg	0.9	0.87716358
Beach.jpg	1	0.78978457	Gedung.jpg	0.9	0.78978457	Horses.jpg	1	0.87582455

Nilai SSIM tertinggi ditandai dengan tulisan cetak tebal (*bold*). Pada tabel 3 terlihat bahwa nilai SSIM tertinggi diperoleh dengan menggunakan nilai Lamda (λ) di atas 0.6.

- Pengujian dengan nilai *range* (batas bawah atau batas atas) HE diubah dari range *default* 0-255. Pengujian dilakukan terhadap “kid.jpg” dan hasilnya ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Batas Atas dan Batas Bawah HE

Range (Batas Bawah – Batas Atas)	Nilai SSIM				
	Algoritma ke-				
	1	2	3 ($\lambda = 0.5$)	4	5
0 – 255	0.783238	0.799630	0.836373	0.822444	0.817571
(Batas Bawah dinaikkan)					
50 – 255	0.768312	0.783336	0.812288	0.755758	0.806287
75 – 255	0.743939	0.758017	0.773852	0.692964	0.783845
100 – 255	0.705682	0.718691	0.717522	0.636293	0.747420
(Batas Atas diturunkan)					
0 – 225	0.838204	0.862009	0.907199	0.895262	0.881110
0 – 200	0.871135	0.902707	0.948916	0.939532	0.921173
0 – 175	0.881056	0.921271	0.965824	0.960634	0.938151

Tabel 4 memperlihatkan bahwa menaikkan batas bawah membuat citra menjadi semakin terang tetapi nilai SSIM menjadi lebih kecil, sedangkan menurunkan batas atas membuat citra menjadi semakin gelap namun nilai SSIM justru menjadi semakin tinggi. Hal ini terjadi karena contoh citra asli “kid.jpg” (sebelum digelapkan) memang tidak memiliki intensitas cahaya (*lightness*) yang terlalu tinggi. Hasil HE dengan range 0-255 meningkatkan *lightness* citra menjadi semakin baik dari sisi warna, namun citra hasil semakin jauh berbeda dari citra awal. Oleh karena itu, untuk meningkatkan intensitas cahaya (*lightness*) dari citra hasil, maka batas bawah HE dapat dinaikkan, dan sebaliknya untuk menggelapkan citra hasil, maka batas atas HE dapat diturunkan.

4. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan pengujian peningkatan kontras citra dengan *Fast Hue and Range Preserving Histogram Equalization Specification*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin tinggi persentase kegelapan suatu citra, maka kualitas dari citra hasil algoritma semakin berbeda dengan citra asli (sebelum digelapkan). Ini ditandai dengan nilai SSIM yang semakin rendah, dan juga sebaliknya semakin rendah persentase kegelapan, maka nilai SSIM semakin tinggi.
- Nilai SSIM tertinggi didapatkan dengan menggunakan algoritma ke-3 (*Optimal Range-Preserving Enhancement*) dan algoritma ke-4 (*Multiplicative Color Enhancement*).
- Pada algoritma ke-3 (*Optimal Range-Preserving Algorithm*), nilai SSIM tertinggi diperoleh dengan menggunakan nilai Lamda (λ) di atas 0.6.
- Citra hasil dapat digelapkan dengan menurunkan batas atas HE dan dapat diterangkan dengan menaikkan batas bawah HE.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan untuk kajian penelitian selanjutnya :

1. Untuk lebih lengkapnya penelitian, perlu juga dilakukan kajian untuk peningkatan kontras terhadap metode terbaru lainnya seperti *Human Visual System Based Adaptive Filter* dan *Multi-Scale Color Image Enhancement*;
2. Perlu dilakukan kajian untuk menentukan nilai Lamda (λ) optimal secara otomatis sesuai dengan data citra yang diujikan;

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawati, F. A., 2013, Pengolahan Citra Digital, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [2] Hum, Y.C, Lai, K.W and Salim M.I.M, 2004. Multiobjectives bihistogram equalization for image contrast enhancement.
- [3] Kadir, A. dan Susanto, A., 2013, Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [4] Napoleon, D. and Praneesh, M., 2013, Detection of Brain Tumor using Kernel Induced Possiblistic C-Means Clustering.
- [5] Nikolova, M. and Steidl, G., 2014. Fast Hue and Range Preserving Histogram Specification: Theory and New Algorithms, IEE Transactions on Image Processing, Vol.23, 9 September 2014
- [6] Sutoyo et al, 2009, Teori Pengolahan Citra Digital, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [7] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R., and Simoncelli, E.P., 2004, Image quality assessment: From error visibility to structural similarity, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 13, no. 4, pp. 600-612.