

Pewarnaan Ulang Citra Menggunakan Segmentasi Berbasis Algoritma *K-means Clustering* Sebagai Alat Bantu untuk Orang Buta Warna Parsial

Tugas Akhir
diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana
dari Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Informatika
Universitas Telkom

1301141221
Angky Fajriati MS Musa



Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**Pewarnaan Ulang Citra Menggunakan Segmentasi Berbasis Algoritma *K-means*
Clustering Sebagai Alat Bantu untuk Orang Buta Warna Parsial**

***Segmentation Image Re-coloring Based On K-Means Clustering Algorithm As A Tool for
Partial Color-Blind People***

NIM: 1301141221

Angky Fajriati MS Musa

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh
gelar pada Program Studi Sarjana Teknik Informatika

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, 30 Juli 2018

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Adiwijaya, S.Si., M.Si

NIP: 00740046

Dody Qori Utama, S.T., M.T.

NIP: 14870074

Ketua Program Studi
Sarjana Teknik Informatika,

Said Al Faraby, S.T., M.Sc.

NIP: 15890019

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Angky Fajriati MS Musa, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul "**Pewarnaan Ulang Citra Menggunakan Segmentasi Berbasis Algoritma *K-means Clustering* Sebagai Alat Bantu untuk Orang Buta Warna Parsial**" beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya.

Bandung, 30 Juli 2018

Yang Menyatakan,

Angky Fajriati MS Musa

Pewarnaan Ulang Citra Menggunakan Segmentasi Berbasis Algoritma *K-means Clustering* Sebagai Alat Bantu untuk Orang Buta Warna Parsial

Angky Fajriati MS Musa¹, Adiwijaya², Dody Qori Utama³,

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹kiangmusa@students.telkomuniversity.ac.id, ²adiwijaya@telkomuniversity.ac.id,

³dodyqori@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Warna merupakan komponen desain penting yang sering digunakan untuk mengodekan informasi. Oleh karena itu, informasi yang ada pada citra atau gambar bisa saja hilang dilihat oleh penderita buta warna. Buta warna merupakan salah satu anomali mata yang tidak dapat membedakan satu warna dengan warna lainnya. Hal ini menyebabkan, penderita buta warna dapat kehilangan informasi yang terdapat pada citra karena ketidakmampuan dalam membedakan suatu warna dengan warna lainnya. Oleh karena itu, dibangunlah sebuah sistem yang dapat mengurangi kemungkinan penderita buta warna kehilangan informasi yang terdapat pada citra. Sistem ini berupa pewarnaan ulang citra yang didasarkan pada kemampuan penderita buta warna dalam membedakan warna. Kemampuan ini diukur berdasarkan *RGB cluster* yang dimiliki berbeda-beda oleh setiap orang. Penelitian ini memanfaatkan segmentasi berdasarkan warna dalam proses pewarnaan ulang. Segmentasi menggunakan *kmeans clustering* dipilih karena waktu pemrosesan yang singkat dengan hasil yang cukup optimal. Hasil penelitian ini adalah citra yang telah diwarnai ulang dan mampu dilihat informasinya oleh subjek buta warna lebih baik dibandingkan dengan sebelum diwarnai, dan waktu pemrosesan yang lebih singkat dibandingkan penelitian sebelumnya.

Kata kunci: Pewarnaan Ulang Citra, Segmentasi citra, Buta Warna, *RGB Cluter*, Algoritma *K-means Clustering*

Abstract

Color is an important design component that is often used to encode information. Therefore, the information contained in the image may be lost seen by color blindness people. Color blindness is one of the eye anomalies that can not distinguish one color from another. This causes, the colorblind people can lose the information contained in the image because of the inability to distinguish a color with other colors. Therefore, a system is built that reduces the possibility of colorblind people losing the information contained in the image. The system is image re-coloring based on the ability of people with color blindness in distinguish the colors. This ability is measured based on *RGB cluster* owned by different people. This research using color based segmentation in the process of re-coloring. Image Segmentation using *K-means Clustering* was chosen because of short processing time with optimum result. The results of this study are re-colored images and the subject of color blindness can see the information of the image better than before coloring, and processing time is shorter than previous studies.

Keywords: *Image Re-coloring, Image Segmentation, Color-blind, RGB Cluster, K-means Clustering Algorithm*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, dikarenakan adanya printer berwarna dan alat-alat *display*, penggunaan warna dalam konten multimedia untuk memberikan informasi-informasi visual yang tinggi telah meningkat drastis[4]. Warna merupakan komponen desain penting yang sering digunakan untuk mengkodekan informasi[6]. Hal ini menjadi sangat penting untuk penggunaan warna terhadap komunikasi visual yang lebih efektif. Jika warna digunakan sebagai sarana untuk menyediakan informasi, maka informasi yang ada pada citra atau gambar bisa saja hilang jika dilihat oleh orang yang buta warna[6]. Orang yang dengan keterbatasan penglihatan warna atau buta warna, akan memiliki kesulitan untuk membedakan beberapa warna yang dapat dibedakan oleh orang normal[4]. Citra dengan warna dan bayangan yang hampir sama akan susah dibedakan oleh orang yang buta warna[10].

Didalam kehidupan sehari-hari, orang yang buta warna akan menghadapi banyak masalah dalam membedakan warna, seperti membedakan warna dari pohon-pohon, daun-daun, dan lampu lalu lintas [12]. Banyak riset yang telah dilakukan dengan tujuan untuk membantu mengatasi masalah yang dialami orang yang buta warna, seperti pada [6, 4, 10, 8, 12]. Sistem-sistem ini mampu membantu orang yang buta warna dalam membedakan warna pada citra, tetapi hampir semua dari penelitian tersebut hanya terfokus dalam membantu jenis kebutaan buta warna secara umum. Meskipun memiliki jenis kebutaan warna yang sama, orang dengan jenis kebutaan warna yang sama kebanyakan memiliki kemampuan dan kelemahan yang berbeda antara satu sama lain [12].

Karena kekurangan ini, maka penulis akan terfokus pada pewarnaan citra untuk semua penderita buta warna parsial, tidak terbatas pada jenis kebutaan warna yang ada. Penelitian sebelumnya yaitu [12] sudah dilakukan untuk membantu penderita buta warna berdasarkan *RGB cluster* warna mereka. Namun, kekurangan dari metode yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma optimasi pemetaan yang diterapkan menggunakan banyak sumber daya dan memakan waktu komputasi yang panjang [12]. Terdapat *future work* yang disarankan oleh Dody Qori Utama [12], yaitu dengan menggunakan segmentasi citra untuk mengurangi waktu komputasi. Karena itulah, penulis menggunakan algoritma *K-means* dalam proses segmentasi citra berdasarkan warna dan *brute-force* untuk melakukan pemetaan warna dan pewarnaan ulang. Pemetaan warna dilakukan berdasarkan hasil tes buta warna oleh Dody Qori Utama pada [11] berupa *RGB cluster* dari orang yang buta warna.

Segmentasi citra merupakan proses klasifikasi sebuah citra ke dalam beberapa kelompok. Metode ini merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk mengklasifikasikan *pixel* dari sebuah citra dengan benar ke dalam sebuah pengaplikasian [3]. Citra tersebut dapat berupa citra greyscale atau warna. Adapun algoritma segmentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Kmeans clustering*. *K-means clustering* sendiri merupakan salah satu algoritma dalam mengelompokkan data yang telah digunakan sejak tahun 1955. *K-means* adalah salah satu algoritma yang sederhana dan juga paling sering digunakan. Kemudahan dalam penerapan, kesederhanaan, efisiensi, dan kesuksesan empiris menjadikan *K-means* masih digunakan sampai sekarang. Contoh data-data yang mampu diolah oleh *K-means* adalah teks, gambar dan video [5].

1.2 Perumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana proses pewarnaan ulang citra untuk orang yang buta warna parsial dengan memanfaatkan segmentasi citra dan *RGB kluster* dari hasil pengujian buta warna?
2. Bagaimana kinerja dari sistem yang telah dibangun?

1.3 Tujuan

Berikut tujuan pada penelitian ini:

1. Membangun sebuah sistem yang membantu mewarnai ulang citra berdasarkan perbedaan kemampuan tiap orang yang buta warna parsial dalam membedakan warna.
2. Menganalisis kinerja dari sistem yang telah dibangun.

1.4 Batasan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu bagaimana

1. Citra yang digunakan adalah citra berwarna.
2. Citra yang digunakan merupakan *Ishihara plates* yang berjumlah 15.
3. *RGB cluster* merupakan hasil pengujian buta warna oleh Dody Qori Utama [11].
4. Subjek pengujian berjumlah satu orang.
5. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat dengan akurasi warna minimal 90% RGB.

2. Studi Terkait

2.1 Studi Komparatif

Beberapa penelitian yang telah membangun sistem ini dengan berbagai metode yang berbeda. Penelitian [4] menggunakan GMM (*Gaussian Mixture Model*) untuk mendapatkan informasi warna pada citra. Penelitian ini kemudian membangun sebuah metode pembobotan warna untuk menentukan warna mana yang penting bagi penderita buta warna. Pembobotan ini bermanfaat untuk mengoptimalkan proses pewarnaan ulang. Lalu, penelitian [8] menggunakan simulasi Fuzzy dengan memanfaatkan hasil isihara tes oleh alat DaltonTest yang memberikan diagnosis dari penderita buta warna yang berupa derajat dari buta warna, derajat *protanomaly*, dan derajat *deutanomaly*. Hasil inilah yang digunakan sebagai fungsi keanggotaan pada Fuzzy[8].

Selanjutnya adalah [12] menggunakan optimasi dari mapping warna dengan memanfaatkan hasil dari penelitian tes buta warna pada [11] yang berupa kluster warna dari *RGB*. Kelebihan dari sistem yang dibuat pada penelitian [12] adalah dapat diterapkan untuk semua buta warna parsial dibandingkan dengan metode lain yang hanya bisa diterapkan ke beberapa derajat buta warna. Namun, kekurangan dari metode ini adalah algoritma optimasi pemetaan yang diterapkan menggunakan banyak sumber daya dan memakan waktu komputasi yang panjang [12].

Pada penelitian [1] dilakukan perbandingan segmentasi citra menggunakan kmeans dan GMM. Hasilnya adalah segmentasi yang dilakukan oleh Kmeans lebih baik dari GMM, dan waktu pemrosesan dengan menggunakan Kmeans sangat cepat dibandingkan dengan menggunakan metode GMM [1].

2.2 Buta Warna

Buta warna merupakan salah satu anomali mata yang dimana mata tidak dapat membedakan satu warna dengan warna lainnya[11]. Pada umumnya, ada dua jenis buta warna, yaitu buta warna parsial dan buta warna total [12]. Buta warna disebabkan oleh anomali dari *rod cell* dan *cone cell* yang terdapat pada mata [7]. *Rod Cell* digunakan untuk meregulasi intensitas cahaya yang dikeluarkan menuju mata, sedangkan *cone cell* bertanggungjawab untuk membedakan warna [11]. Berdasarkan [7], terdapat 3 tipe dari *cone cell* yaitu:

1. S cone: Sensitif terhadap gelombang pendek (Warna biru).
2. M cone: Sensitif terhadap gelombang sedang (Warna hijau).
3. L cone: Sensitif terhadap gelombang panjang (Warna merah).

Karenanya, kasus buta warna ditandai oleh anomali dalam menyerap warna merah, hijau, atau biru[8]. Terdapat 3 jenis kebutaan warna, yaitu:

1. Monokromasi: Ketika seseorang yang mempunyai satu *cone cell* atau tidak ada sama sekali.
2. Dikromasi: Ketika seseorang kehilangan salah satu dari tiga *cone cell*.
3. Anomali Trikromasi: Ketika seseorang mempunyai tiga *cone cell* tetapi salah satu *cone cell* memiliki sensitifitas terhadap *cone cell* lainnya.

2.3 Tes Buta Warna Berdasarkan RGB Cluster

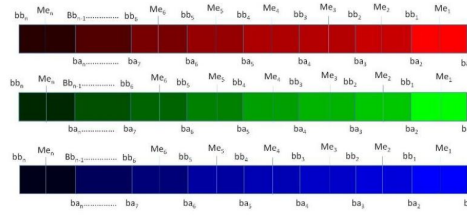
Sistem pengujian warna berbasis *RGB cluster* yang dikembangkan oleh Dody Qori Utama dkk adalah tes yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan *R*, *G*, dan *B cone cell* dalam mengenali warna [11]. Mata dari subjek diuji berdasarkan intensitas rendah hingga intensitas tinggi pada setiap warna merah, warna hijau dan biru dengan menebak informasi yang mana diwakili oleh angka seperti pada tes Ishihara. Perbedaan antara tes ini dan tes Ishihara adalah tes ini dapat memanipulasi intensitas warna. Selain itu tes ini dapat mengukur kemampuan mata kita untuk membedakan warna merah, hijau, dan biru.

Keluaran dari tes ini merupakan 3 kluster warna, yaitu *Red*, *Green*, *Blue cluster*. Kluster ini mendeskripsikan berapa banyak grup warna yang dapat dibedakan oleh *Red*, *Green*, *Blue cone cell*. Subjek dengan kluster yang lebih banyak, mampu membedakan warna lebih banyak. Mata normal mempunyai minimal 8 kluster merah, 8 kluster hijau dan 8 kluster biru [12].

Adapun formula penting yang digunakan pada tes ini adalah:

$$D(W1, W2) = Dr(R1, R2) + Dg(G1, G2) + Db(B1, B2) \quad (1)$$

Keterangan:



Gambar 1. Keluaran RGB Cluster

- $D(W1, W2)$ merupakan jarak warna W1 dengan W2
- $Dr(R1, R2)$ merupakan jarak merah R1 dengan R2
- $Dg(G1, G2)$ merupakan jarak hijau G1 dengan G2
- $Db(B1, B2)$ merupakan jarak biru B1 dengan B2

Untuk mencari nilai dari masing-masing jarak merah, hijau, dan biru, digunakan rumus berikut:

$$Dr(R1, R2) = ((\frac{i(im1) - i(bbm_i)}{i(bam_i) - i(bbm_i)} * 100\%) + (\frac{i(bam_{i+x}) - i(im2)}{i(bam_{i+x}) - i(bbm_{i+x})} * 100\%)) + ((x - 1) * 100\%) \quad (2)$$

$$Dg(G1, G2) = ((\frac{i(ih1) - i(bbh_j)}{i(bah_j) - i(bbh_j)} * 100\%) + (\frac{i(bah_{j+y}) - i(ih2)}{i(bah_{j+y}) - i(bbh_{j+y})} * 100\%)) + ((y - 1) * 100\%) \quad (3)$$

$$Db(B1, B2) = ((\frac{i(ib1) - i(bbb_k)}{i(bab_k) - i(bbb_k)} * 100\%) + (\frac{i(bab_{k+z}) - i(ib2)}{i(bab_{k+z}) - i(bbb_{k+z})} * 100\%)) + ((z - 1) * 100\%) \quad (4)$$

Keterangan:

- im, ih, ib merupakan nilai intensitas merah, hijau, dan biru pada warna.
- bbm_i, bbh_j, bbb_k merupakan nilai batas bawah merah, hijau, dan biru pada kluster dari warna.
- bam_i, bah_j, bab_k merupakan nilai batas merah, hijau, dan biru pada kluster dari warna.

Jika jarak dari $D(W1, W2)$ dibawah 50%, maka warna W1 dan W2 terlihat sama oleh subjek. Jika jarak dari $D(W1, W2)$ berkisar antara 50%-100%, maka warna dari W1 dan W2 tidak dapat dibedakan oleh subjek. Jika jarak dari $D(W1, W2)$ diatas 100%, maka warna dari W1 dan W2 dapat dibedakan oleh objek.

2.4 K-means Clustering

K-means merupakan salah satu algoritma dalam mengelompokkan datayang telah digunakan sejak tahun 1955. Algoritma *Kmeans clustering* biasanya digunakan untuk mempartisi sebuah data set secara otomatis kedalam sebuah grup k [13]. Pada sebuah citra berwarna, dataset yang digunakan adalah nilai-nilai dari *RGB* . Adapun Proses utama dari *K-means* adalah sebagai berikut:

1. Pilih titik-titik K yang merepresentasikan objek yang harus dikelompokkan (berdasarkan kluster K . Titik-titik ini merepresentasikan titik tengah/*centroid* grup awal Z_k).
2. Masukkan setiap objek ke dalam grup yang mempunyai titik tengah/*centroid* terdekat dengan objek tersebut. Digunakan *Euclidean Distance* untuk menghitung jarak objek dengan titik tengah/*centroid*.

$$x \in C_i, \quad \text{jikadist}(x, Z_i) \leq \text{dist}(x, Z_j), \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, K (i \neq j) \quad (5)$$

Dimana C_i adalah klaster ke- i dengan titik tengah Z_i

3. Ketika semua objek telah dikelompokkan, hitung kembali titik tengah/*centroid* dari klaster Z_k untuk semua klaster C_k menggunakan rumus berikut:

$$Z_k = \frac{1}{|C_k|} \sum_{s \in C_k} X_s, \quad k = 1, \dots, K \quad (6)$$

Dimana s adalah anggota dari C_k , X_s adalah vektor atribut dari s dan $|C_k|$ adalah jumlah member pada C_k

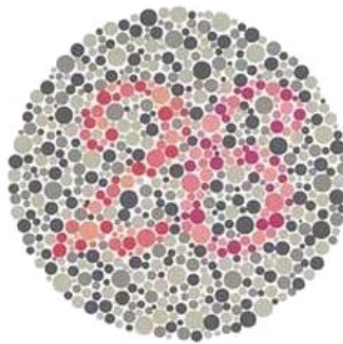
4. Ulangi step 2 dan 3 sampai titik tengah/*centroid* tidak berubah. [9]

3. Pembangunan Sistem

3.1 Dataset

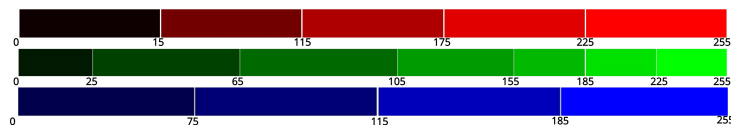
Dataset yang digunakan terbagi atas 2, yaitu:

1. Citra digital asli yang digunakan pada Tes Ishihara yang belum mengalami pewarnaan ulang.



Gambar 2. Citra Digital Asli

2. *RGB cluster* dari hasil tes buta warna oleh Dody Qori Utama [11].



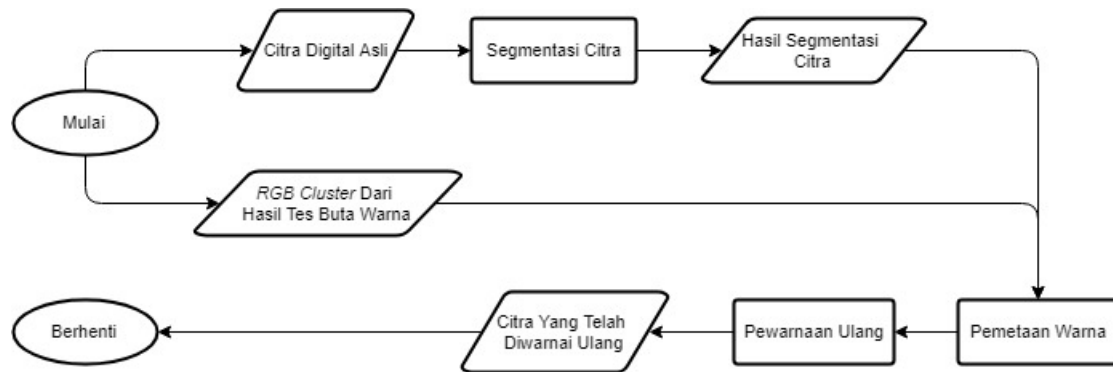
Gambar 3. Subjek klaster

3.2 Sistem

3.3 Segmentasi Citra

Tahap pertama yang dilakukan adalah segmentasi citra. Tahap ini merupakan salah satu tahapan yang penting. Pada tahap ini, dilakukan segmentasi citra berdasarkan warna menggunakan *Clustering*. *Clustering* telah terbukti sebagai metode yang sangat efisien untuk segmentasi citra [2]. Adapun algoritma *Clustering* yang digunakan adalah *K-means*.

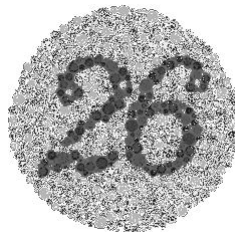
Untuk penentuan nilai awal dari *centroid*, digunakan 2 skenario, yaitu:



Gambar 4. Diagram Alur dari Desain Sistem

1. Skenario pertama yaitu dengan K awal berjumlah 26. Nilai dari layer R diacak dengan rentang antara kluster 1 adalah [1,31], lalu kluster 2 adalah [32,65], dst. Lalu untuk nilai dari layer G dan B adalah 0. Kemudian, dilakukan hal yang sama untuk layer G , dan nilai layer R dan B adalah 0. Dua K terakhir merupakan K_{25} dan K_{26} adalah nilai RGB dari hitam dan putih. Untuk proses selanjutnya, dilakukan seperti K -means pada umumnya, hanya saja terdapat perbedaan pada proses menentukan *centroid* selanjutnya. Jika terdapat kluster yang tidak memiliki anggota sama sekali, maka *centroid* dari kluster tersebut diambil secara acak berdasarkan nilai dari *pixel* citra. Hasil akhir dari skenario ini adalah nilai kluster yang selalu tetap, yaitu 26.
2. Skenario kedua adalah nilai K awal yang berjumlah 50. Nilai dari layer R diacak dengan rentang antara kluster 1 adalah [1,15], lalu kluster 2 adalah [16,31], dst. Lalu untuk nilai dari layer G dan B adalah 0. Kemudian, dilakukan hal yang sama untuk layer G , dan nilai layer R dan B adalah 0. Dua K terakhir merupakan K_{49} dan K_{50} adalah nilai RGB dari hitam dan putih. Untuk proses selanjutnya, dilakukan seperti K -means pada umumnya, hanya saja terdapat perbedaan pada proses menentukan *centroid* selanjutnya. Jika terdapat kluster yang tidak memiliki anggota sama sekali, maka kluster tersebut akan dihilangkan. Hasil akhir dari skenario ini adalah nilai kluster yang berubah-ubah.

Hasil dari tahap ini adalah citra yang telah tersegmentasi berdasarkan klasternya. Setiap pixel pada citra diberikan label sesuai nomor kluster dari proses klastering.



Gambar 5. Hasil Segmentasi pada Citra


3.4 Pemetaan Warna

Setelah dilakukan tahap segmentasi citra, maka selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pemetaan warna. Input dari tahapan ini adalah perwakilan warna tiap kluster citra. Warna ini berjumlah sama dengan nilai K pada proses segmentasi. Lalu, dilakukan perbandingan antara dua warna dengan menghitung jarak antara kedua warna tersebut. Perhitungan ini digunakan untuk mencari nilai jarak antar dua warna yang disimbolkan sebagai $D(W1, W2)$. Untuk menghitung $D(W1, W2)$ mengacu pada rumus 1. Jika $D(W1, W2) > 100\%$, maka tidak dilakukan perubahan pada salah satu dari dua warna tersebut. Namun, jika $D(W1, W2)$ berada diantara 50%-100%, maka dilakukan perubahan pada salah satu warna dengan menaikkan atau menurunkan nilai intensitas dari R (Red), G (Green), dan B (Blue). Hal ini dilakukan karena warna-warna dengan $D(W1, W2)$ antara 50-100% tidak mampu dibedakan dan warna-warna dengan $D(W1, W2) < 100\%$ mampu dibedakan oleh subjek [11].

Perubahan pada nilai intensitas akan memengaruhi perhitungan jarak antara kedua warna yang lain. Pendekatan dengan *brute-force* digunakan untuk memastikan jarak antara setiap warna pada K kluster $> 100\%$. Cara yang dilakukan adalah dengan menghitung dua warna pada setiap K kluster. Jika terdapat perubahan nilai intensitas pada

W1 karena $D(W1, W2) < 100\%$, maka proses selanjutnya adalah menghitung $D(W1, W3)$. Jika $D(W1, W3) > 100\%$, maka proses selanjutnya adalah menghitung $D(W1, W4)$. Proses tersebut dilakukan sampai jarak antara warna pada setiap K kluster $> 100\%$.

	K1	K2	K3
R	50	60	90
G	80	80	100
B	60	90	95



	K1	K2	K3
R	50	60	90
G	100	130	100
B	60	90	95

Gambar 6. Ilustrasi Proses Pemetaan Warna

Gambar 6 merupakan proses pemetaan warna. Pada proses ini, akan dihasilkan perubahan data pada K kelompok warna. Terdapat 3 kluster warna pada gambar tersebut. Dengan memasukkan nilai-nilai RGB pada $K1$, $K2$, dan $K3$ sebelum transformasi, didapatkan hasil berikut:

- Jarak antara $K1$ dan $K2$ adalah 67.5%
- Jarak antara $K1$ dan $K3$ adalah 160%
- Jarak antara $K2$ dan $K3$ adalah 92.5%

Lalu dilakukan perubahan pada tiap-tiap *centroid* kluster warna. Perubahan ini berupa peningkatan atau penurunan nilai intensitas R , G , dan B . Setelah proses transformasi pada gambar di atas, nilai-nilai RGB pada $K1$, $K2$, $K3$ dapat dimodifikasi. Data transformasi inilah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Adapun datanya adalah sebagai berikut:

- Untuk $K1$, dilakukan peningkatan terhadap nilai intensitas G sebanyak 20.
- Untuk $K2$, dilakukan peningkatan terhadap nilai intensitas G sebanyak 50.
- Untuk $K3$, tidak dilakukan perubahan apapun

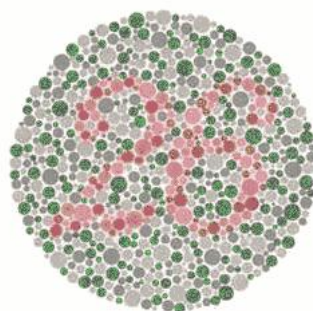
Dipilihnya layer G untuk proses pemetaan warna dikarenakan jumlah kluster hijau pada RGB cluster subjek lebih banyak dibandingkan kluster merah dan biru. Dari hasil ini, didapatkan bahwa $D(K1, K2) = 130\%$, $D(K1, K3) = 110\%$, dan $D(K2, K3) = 105\%$.

3.5 Pewarnaan Ulang

Setelah mendapat data perubahan K kelompok warna dari proses sebelumnya, maka dilakukan proses pewarnaan ulang. Proses pewarnaan ulang sendiri dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Setiap *pixel* pada proses segmentasi sebelumnya, telah mendapat label dari indeks klasternya. Selanjutnya, dilakukan pencocokan antara label kluster yang ada pada tiap pixel dan dilakukan perubahan dengan menambahkan nilai perubahan pada proses pemetaan warna dengan nilai pada pixel.
2. Setiap *pixel* pada proses segmentasi sebelumnya, telah mendapat label dari indeks klasternya. Selanjutnya, dilakukan pencocokan antara label kluster yang ada pada tiap pixel dan dilakukan perubahan dengan mengubah nilai pada pixel menjadi nilai *centroid* yang telah berubah pada proses pemetaan warna.

Jika pada proses pemetaan warna didapatkan hasil bahwa seluruh warna pada *centroid* dapat dibedakan, maka tidak perlu dilakukan pewarnaan ulang.



Gambar 7. Citra yang Telah Diwarnai Ulang

4. Evaluasi

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan cara menguji subjek buta warna, apakah subjek melihat informasi yang terdapat pada citra atau tidak. Pengujian ini dilakukan menggunakan citra digital asli dan 4 citra yang telah diwarnai ulang.

4.1 Hasil Pengujian terhadap Citra Asli

Pengujian dilakukan menggunakan citra digital asli yang belum diwarnai ulang. Subjek diminta untuk menyebutkan angka berapa yang tertera pada citra. Berdasarkan 1 didapatkan hasil bahwa subjek melihat informasi pada 3 citra dengan benar, informasi pada 1 citra dengan salah, dan tidak dapat melihat informasi apapun pada 11 citra.

Tabel 1. Uji Citra Digital Asli

No.	Angka Asli	Angka yang dibaca oleh subjek
1.	7	7
2.	6	tidak ada
3.	26	tidak ada
4.	15	tidak ada
5.	6	tidak ada
6.	73	tidak ada
7.	5	tidak ada
8.	16	tidak ada
9.	45	tidak ada
10.	12	12
11.	29	28
12.	8	8
13.	74	tidak ada
14.	57	tidak ada
15.	2	tidak ada

4.2 Hasil pengujian menggunakan K-means Clustering dengan K=26

Tabel 2. Uji Citra menggunakan K-means dengan K=26

No.	Angka Asli	Angka yang dibaca oleh subjek		Waktu Pemrosesan (detik)
		cara 1	cara 2	
1.	7	7	7	4.511319
2.	6	tidak ada	tidak ada	4.511319
3.	26	26	26	22.03641
4.	15	tidak ada	tidak ada	72.85962
5.	6	6	6	48.2213
6.	73	tidak ada	tidak ada	38.39094
7.	5	tidak ada	5	49.80119
8.	16	tidak ada	tidak ada	54.59561
9.	45	tidak ada	45	40.85928
10.	12	12	12	55.10721
11.	29	29	29	30.17032
12.	8	8	8	45.78428
13.	74	21	21	74.96575
14.	57	57	57	41.61901
15.	2	tidak ada	tidak ada	115.2999

Karena digunakan 2 cara pewarnaan ulang, maka cara 1 pada tabel 2 merupakan cara pewarnaan ulang berdasarkan perubahan pada proses pemetaan warna, dan cara 2 pada tabel 2 merupakan cara pewarnaan ulang ber-

dasarkan nilai *centroid* pada proses pemetaan warna. Berdasarkan tabel 2 untuk cara 1, didapatkan hasil bahwa subjek dapat melihat informasi pada 7 citra dengan benar, informasi pada 1 citra dengan salah, dan tidak dapat melihat informasi apapun pada 7 citra lainnya. Dan untuk cara 2, didapatkan hasil bahwa subjek dapat melihat informasi pada 9 citra dengan benar, informasi pada 1 citra dengan salah, dan tidak dapat melihat informasi apapun pada 5 lainnya.

4.3 Hasil pengujian menggunakan K-means Clustering dengan K awal=50

Tabel 3. Uji Citra menggunakan K-means dengan K awal=50

No.	Angka Asli	Angka yang dibaca oleh subjek		Waktu Pemrosesan (detik)
		cara 1	cara 2	
1.	7	7	7	52.10817256
2.	6	tidak ada	5	29.71065403
3.	26	26	26	55.00026544
4.	15	15	15	18.60721483
5.	6	tidak ada	tidak ada	29.51889135
6.	73	tidak ada	tidak ada	18.81324669
7.	5	tidak ada	tidak ada	27.02427131
8.	16	16	16	31.7235979
9.	45	tidak ada	tidak ada	26.48456353
10.	12	12	12	45.64925664
11.	29	29	29	22.56437594
12.	8	8	8	18.01699985
13.	74	tidak ada	tidak ada	51.72116137
14.	57	57	57	55.97995911
15.	2	tidak ada	tidak ada	210.4129918

Berdasarkan tabel 3 untuk cara 1, didapatkan hasil bahwa subjek dapat melihat informasi pada 8 citra dengan benar, dan tidak dapat melihat informasi apapun pada 7 citra lainnya. Dan untuk cara 2, didapatkan hasil bahwa subjek dapat melihat informasi pada 8 citra dengan benar, informasi pada 1 citra dengan salah, dan tidak dapat melihat informasi apapun pada 6 lainnya.

4.4 Perbandingan Waktu Pemrosesan

Tabel 4. Waktu Pemrosesan

No.	Segmentasi dengan K-means		Brute Force (detik)
	K = 26	K awal = 50	
1.	4.511319	52.10817256	878
2.	4.511319	29.71065403	878
3.	22.03641	55.00026544	931

Dikarenakan pada penelitian sebelumnya oleh Dody Qori Utama [12] yang menggunakan *brute-force* untuk membandingkan tiap pixel pada citra memiliki kelemahan pada waktu pemrosesan yang cukup lama sehingga sistem ini dibangun untuk mengatasi kelemahan tersebut. Berdasarkan tabel 4 didapatkan bahwa pewarnaan ulang citra memanfaatkan segmentasi citra memiliki waktu pemrosesan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan *brute-force*.

5. Kesimpulan

Dari hasil beberapa pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, informasi terhadap 3 dari 15 citra digital asli mampu dilihat oleh subjek. Kemudian informasi terhadap 7-9 dari 15 citra digital mampu dilihat oleh

subjek setelah dilakukan proses pewarnaan ulang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun membantu subjek buta warna melihat dapat melihat lebih banyak informasi pada citra berwarna. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sistem pewarnaan ulang citra dengan metode segmentasi yang lain yang mampu memberikan hasil yang lebih baik dan waktu pemrosesan yang lebih cepat dari penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. R. Barakbah and Y. Kiyoki. A new approach for image segmentation using pillar-kmeans algorithm. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59:23–28, 2009.
- [2] D. J. Bora, A. K. Gupta, and F. A. Khan. Comparing the performance of $L^*a^*b^*$ and hsv color spaces with respect to color image segmentation. *arXiv preprint arXiv:1506.01472*, 2015.
- [3] N. Dhanachandra, K. Manglem, and Y. J. Chanu. Image segmentation using k-means clustering algorithm and subtractive clustering algorithm. *Procedia Computer Science*, 54:764–771, 2015.
- [4] J.-B. Huang, C.-S. Chen, T.-C. Jen, and S.-J. Wang. Image recolorization for the colorblind. In *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009. ICASSP 2009. IEEE International Conference on*, pages 1161–1164. IEEE, 2009.
- [5] A. K. Jain. Data clustering: 50 years beyond k-means. *Pattern recognition letters*, 31(8):651–666, 2010.
- [6] L. Jefferson and R. Harvey. Accommodating color blind computer users. In *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 40–47. ACM, 2006.
- [7] R. Kulshrestha and R. Bairwa. Review of color blindness removal methods using image processing. *Int. J. of Recent Research and Review*, 6:18–21, 2013.
- [8] J. Lee and W. P. dos Santos. Fuzzy-based simulation of real color blindness. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pages 6607–6610. IEEE, 2010.
- [9] V. H. Pham and B. R. Lee. An image segmentation approach for fruit defect detection using k-means clustering and graph-based algorithm. *Vietnam Journal of Computer Science*, 2(1):25–33, 2015.
- [10] S. Poret, R. Dony, and S. Gregori. Image processing for colour blindness correction. In *Science and Technology for Humanity (TIC-STH), 2009 IEEE Toronto International Conference*, pages 539–544. IEEE, 2009.
- [11] D. Q. Utama, T. L. R. Mengko, R. Mengko, and M. N. Aulia. Color blind test quantification using rgb primary color cluster. In *Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), 2016 International Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2016.
- [12] D. Q. Utama, T. L. R. Mengko, R. Mengko, A. P. Gandasubrata, and T. N. Azhar. Rgb color cluster re-coloring algorithm for partial color-blind people. BME, 2017.
- [13] K. Wagstaff, C. Cardie, S. Rogers, S. Schrödl, et al. Constrained k-means clustering with background knowledge. In *ICML*, volume 1, pages 577–584, 2001.

Lampiran

Lampiran dapat berupa detil data dan contoh lebih lengkapnya, data-data pendukung, detail hasil pengujian, analisis hasil pengujian, detail hasil survey, surat pernyataan dari tempat studi kasus, screenshot tampilan sistem, hasil kuesioner dan lain-lain.