

MANIPULASI CITRA ISHIHARA MENGGUNAKAN PSEUDOCOLORING

Misriana¹ dan Rahmadi Kurnia²

¹Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata 24301

²Teknik Elektro, Universitas Andalas Padang, Limau Manis Padang 25163

Email :¹misriana_manaf@yahoo.co.id, ²rahmadi_kurnia@ft.unand.ac.id

Abstract

Color blindness test is needed for some people who require to perform multiple tests when applying for a job or want to go to university. Test the color-blind person using tests Ishihara, Ishihara test using a sheet in which there are dots in various colors and sizes. The colored dots are arranged so as to form a circle. Because Ishihara sheet is often used, so that will cause discoloration on the sheet. Would cause color blindness test results less accurate. With the help of computers, the Ishihara sheet in manipulation using pseudocoloring. Ishihara sheet used as a digital image with RGB format and then to convert to his format, the format of this HIS hue value is shifted or replaced with other colors in accordance with the original image color contrast. After testing result, can provide a comparison between the original image with manipulation pseudocoloring Ishihara.

Keywords : Ishihara, color blindness, RGB, HIS, pseudocoloring.

Abstrak

Tes buta warna sangat dibutuhkan bagi sebagian orang yang di haruskan untuk melakukan beberapa tes ketika melamar sebuah pekerjaan atau mau masuk Perguruan Tinggi. Menguji seseorang buta warna menggunakan tes Ishihara, tes Ishihara menggunakan lembaran yang didalamnya terdapat titik-titik dengan berbagai warna dan ukuran. Titik berwarna tersebut disusun sehingga membentuk lingkaran. Karena lembaran Ishihara ini sering digunakan, sehingga akan menyebabkan perubahan warna pada lembaran tersebut. Akan menyebabkan hasil tes buta warna kurang akurat. Dengan bantuan komputer, lembaran Ishihara tersebut di manipulasi menggunakan pseudocoloring. Lembaran Ishihara dijadikan citra digital dengan format RGB, kemudian di-konversikan ke format HIS, pada format HIS ini nilai hue digeser atau diganti dengan warna lain sesuai dengan kontras warna citra asli. Setelah dilakukan uji coba diperoleh hasil, dapat memberikan perbandingan antara citra asli Ishihara dengan manipulasi pseudocoloring.

Kata kunci : Ishihara, buta warna, RGB, HIS, pseudocoloring.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengolahan citra digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra, atau dapat juga diartikan sebagai proses memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer. Salah satu pemanfaatan operasi pengolahan citra adalah aplikasi pengenalan citra yang digunakan untuk mengidentifikasi citra ishihara.

Penglihatan warna sangat berpengaruh terhadap kehidupan sehari-hari dari seseorang, menjadikan masalah dan bahkan mungkin bisa menjadikan seseorang akan merasa tersiksa. Untuk mengetahui apakah seseorang penyandang

buta warna atau tidak, pada saat ini dokter mata melakukan test dengan menggunakan suatu buku test untuk melakukan test buta warna, buku tersebut dikenal dengan ISHIHARA TEST yang terdiri dari plat atau lembaran yang didalamnya terdapat titik-titik dengan berbagai warna dan ukuran. Titik tersebut membentuk lingkaran, warna titik itu dibuat sedemikian rupa sehingga orang buta warna tidak akan melihat perbedaan warna seperti yang dilihat orang normal. Dokter memberikan batas waktu untuk pembacaan setiap plat yang harus dibaca oleh subyek (pasien) selama 3 detik, dengan menghitung jumlah jawaban yang benar dari seseorang, maka dokter akan bisa menentukan apakah seseorang disebut

sebagai penyandang buta warna atau tidak, serta mengetahui jenis kebutaan warna dan penyebab kebutaan warna dari seseorang. Buku test Ishihara berisi cetakan gambar pseudoisochromatic akan mengalami perubahan warna karena bertambahnya usia buku, warna yang ada pada pseudoisochromatic akan pudar atau kusam jika terlalu lama disimpan, atau terkena cahaya, kekusaman warna akan merubah keaslian plat untuk alat uji sehingga akan mempengaruhi keakuratan hasil test.

Demikian perlu suatu sistem alat test kebutaan warna yang yang dapat digunakan untuk mendampingi atau bahkan menggantikan sarana test yang digunakan seorang dokter mata yang biasanya berupa plat test Ishihara.

Tujuan dan Manfaat

Pseudocoloring citra atau gambar *grayscale* adalah proses yang khas digunakan sebagai sarana melengkapi informasi dalam berbagai bidang seperti kedokteran, pemeriksaan, militer, dan beberapa lainnya aplikasi data visualisasi. Proses ini secara signifikan dapat meningkatkan pendeteksian fitur lemah, struktur, dan pola pada image dengan memberikan rincian image yang sebaliknya tidak terlihat. Tujuan utama *colorcoding* adalah memanfaatkan kemampuan persepsi dari sistem visual manusia untuk mengambil lebih informasi dari gambar. Ini akan memberikan gambaran kualitatif yang lebih baik dari set data yang kompleks dan akan membantu dalam mengidentifikasi daerah yang menarik untuk lebih terfokus dalam analisis kuantitatif ketika daerah yang sama bergabung dalam satu daerah yang dapat dibedakan. Dengan membantu dalam membedakan objek dari berbagai objek, *colorcoding* juga meminimalkan peran operator manusia dalam monitoring dan deteksi, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeriksaan, dan mengurangi kemungkinan kesalahan akibat kelelahan.

Pseudocoloring telah digunakan dalam pencitraan lain seperti aplikasi untuk mendeteksi batas (untuk meningkatkan visibilitas) di USG citra (image) medis. Setiap pixel dialokasikan warna tertentu, di mana warna yang terkait dengan orientasi segmen garis yang paling menonjol pada saat itu. Ide menerapkan *pseudocoloring* untuk USG adalah untuk menampilkan sifat statistik dari *backscatter* pada setiap titik. Visibilitas batas ditingkatkan dengan menetapkan warna-warna kontras ke daerah dalam batas-batas dan di luar batas-batas. Berbeda dengan metode HSI diterapkan dengan *Hue* dan saturasi disimpan sebagai dua variabel independen.

Skema *pseudocoloring* yang berbeda dapat diperoleh dengan memvariasikan nilai-nilai dari masing-masing komponen ruang HSI. Kebanyakan teknik visualisasi umumnya mengandung langkah di mana nilai data dipetakan ke warna untuk membuat berbagai keseluruhan data terlihat. Penafsiran hasil yang dihasilkan oleh teknik visualisasi ini sangat bergantung pada ini pemetaan, mengingat bahwa mata manusia lebih sensitif terhadap beberapa bagian terlihat spektrum cahaya daripada orang lain dan otak juga dapat menafsirkan pola warna berbeda.

Permasalahan

Pada penelitian ini dilakukan beberapa proses yang diawali dengan proses pembacaan citra Ishihara. Kemudian dilakukan penghitungan sebaran nilai hue, intensity dan saturation (HIS) dan *pseudocoloring* dari masing – masing plate citra Ishihara. Kemudian dilakukan simulasi untuk citra Ishihara.

Pseudocoloring

Pseudocoloring atau pewarnaan semu adalah proses pewarnaan tertentu pada nilai-nilai piksel suatu citra skala keabuan pada suatu citra berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, misalnya suatu warna tertentu untuk suatu interval derajat

keabuan tertentu. Hal ini diperlukan karena mata manusia lebih mudah menganalisa citra yang multiwarna.

Definisi Pseudocoloring

Pseudocoloring atau pewarnaan semu adalah proses pengayaan warna untuk citra yang memiliki komponen warna sedikit sekaligus memiliki kompleksitas pembentukan warna yang sangat tinggi. Citra dengan kompleksitas warna sangat tinggi akan menyulitkan dalam penganalisaan citra tersebut. Dengan pemberian warna pengganti ini, warna-warna yang mirip bisa diganti dengan satu warna yang sama. Dengan demikian kompleksitas warna yang terlalu tinggi dapat dikurangi dan disaat yang bersamaan jumlah warna visual menjadi lebih variatif dan jelas.

Dengan proses ini citra yang dihasilkan akan jauh lebih mudah dianalisa dan bagian-bagian pada objek akan memiliki kejelasan tekstur dan pola. Mata manusia akan lebih mudah menganalisa suatu citra yang objeknya memiliki warna-warna yang mencolok dan berbeda-beda serta tekstur dan polanya jelas. Citra medis yang memiliki pola dan tekstur yang kompleks, akan lebih mudah dalam proses analisa dan pembedaan struktur jaringannya setelah diberikan proses pseudocoloring.

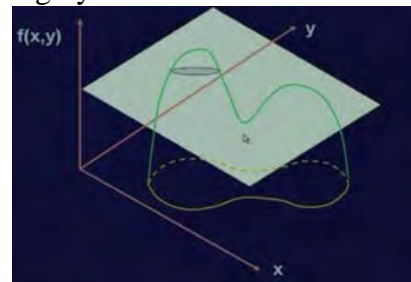
Pengolahan Citra Pseudocolor

Pengolahan citra Pseudocolor (disebut juga falsecolor) berisi pemberian nilai warna kepada nilai gray berdasarkan pada kriteria yang ditentukan. Istilah pseudo false color digunakan untuk membedakan proses pemberian nilai warna pada citra monokrom dari proses yang berhubungan dengan citra true color, Penggunaan utama Pseudocolor adalah untuk visualisasi manusia dan interpretasi event grayscale dalam citra atau urutan citra.

Teknik intensity slicing (disebut juga density) dan pengkodean warna adalah satu dari contoh yang paling mudah dalam

pengolahan citra pseudocolor. Jika citra diinterpretasikan sebagai fungsi 3-D (intensitas versus koordinat spasial), metode ini dapat digambarkan sebagai satu dari tempat lapisan (plane) paralel terhadap lapisan koordinat citra. Setiap lapisan kemudian “memotong” fungsi dalam daerah interseksi. Gambar 1, menampilkan contoh penggunaan lapisan pada $f(x,y)=1$, untuk memotong fungsi citra menjadi dua level.

Jika perbedaan warna yang diberikan pada setiap sisi lapisan sembarang piksel yang gray level-nya di atas lapisan maka akan dikodekan dengan satu warna dan sembarang piksel di bawah lapisan akan dikodekan dengan yang lain. Level yang terletak padalapisan itu dapat sesukanya diberi nilai satu dari dua warna. Hasilnya adalah dua citra berwarna yang relatif tampak dapat dikontrol oleh pergerakan pemotongan lapisan ke atas dan ke bawah sumbu gray-level.



Gambar 1 Interpretasi geometris teknik intensity slicing[1][2]

Umumnya cara ini dapat diringkas sebagai berikut:

jika merepresentasikan grayscale, level 1₀ mempresentasikan hitam [$f(x,y) = 1$] dan level 1_{L-1} merepresentasikan putih [$f(x,y) = L - 1$]. Andaikan lapisan P tegak lurus terhadap sumbu intensitas yang didefinisikan pada level 1₁, 1₂, ..., 1_p, maka asumsi bahwa $0 < P < L - 1$, pemecahan lapisan P grayscale ke dalam $P \in \text{interval } V; V_1, V_2, \dots, V_{p-1}$. Gray-level untuk pemberian warna dibuat menurut relasi [1]:

$$F(x,y) = c_k \text{ jika } (x,y) \in V_k \dots\dots\dots(1)$$

dimana c_k adalah warna yang dihubungkan dengan intensitas ke-k interval V_k didefinisikan oleh pemecahan lapisan pada $1 = k - 1$ dan $1 \in k$.

Aspek Teoritis Pseudocoloring

Dua aspek utama yang mempengaruhi penampilan citra pseudocoloring adalah ruang warna yang dipilih dan transformasi warna yang diterapkan dalam ruang warna tersebut. Tujuan utama dari pseudocoloring adalah untuk mendapatkan warna yang ergonomis representasi dari data yang dapat dengan mudah dikenali oleh manusia secara normal. Berbagai skema pemetaan dapat digunakan untuk mencapai tujuan ini. Image pseudocoloring diperoleh dengan menggunakan teknik dasar yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram pseudocoloring Secara Umum [3]

Pemetaan pseudocolor adalah percobaan interaktif tidak unik dan luas harus dilakukan untuk menentukan pemetaan optimal untuk menampilkan himpunan data. Secara tradisional, skala warna dirancang dengan memiliki rentang urutan warna dari violet, melalui nilai, biru, hijau, kuning, dan oranye, merah, mengikuti spektrum warna. Karena sistem visual manusia memiliki sensitivitas untuk warna yang berbeda. Skala warna dievaluasi dengan membandingkannya dengan grayscale. Kemudian menunjukkan bahwa sensitivitas kontras lebih baik setelah menerapkan skala seragam, tetapi kurang bagus untuk menunjukkan setiap hasil yang signifikan. Penelitian ini, memanfaatkan persamaan umum fungsi matematika seperti fungsi sinus untuk konstruksi pemetaan yang diinginkan atau skala warna. Gonzalez dan Kayu menjelaskan pendekatan melakukan tiga transformasi independen

yang dilakukan pada data gray-level, dan tiga output gambar dimasukkan ke dalam R, G, dan B untuk menghasilkan colormapping tertentu. Sifat-sifat ini fungsi matematika akan menentukan karakteristik skala warna. Salah satu metode dasar pseudocoloring adalah menerapkan langsung satu warna hue mengganti grayscale tertentu. Misalnya, rentang warna dari Co-255 dapat digunakan untuk kode kisaran grayscale Fo-255. Pendekatan lain adalah berdasarkan nilai tristimulus dari gambar warna output yang diinginkan, di mana analisis nilai tristimulus dari output gambar yang diperlukan dilakukan dan fungsi $P []$ didefinisikan untuk memetakan grayscale asli data $E (x,y)$ dengan warna dasar nilai $R (x,y)$, $G (x,y)$, dan $B (x,y)$. Proses ini dapat direpresentasikan sebagai berikut [3]:

$$\begin{aligned}
 R(x, y) &= P_R[E(x, y)] \\
 G(x, y) &= P_G[E(x, y)] \\
 B(x, y) &= P_B[E(x, y)] \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

di mana transformasi $PR[]$, $PG[]$, $PB[]$ bisa berupa fungsi linear atau nonlinear, berdasarkan output gambar yang diinginkan. Proses kode warna lengkap dapat dijelaskan sebagai berikut [3]:

$$E(x, y) \Rightarrow \begin{Bmatrix} P_R[] \\ P_G[] \\ P_B[] \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{Bmatrix} \Rightarrow C(x, y) \dots\dots\dots (3)$$

di mana $C (x, y)$ adalah gambar (image) pseudocolor, dengan memvariasikan fungsi $P []$ dengan kode warna gambar yang diperoleh. Untuk secara akurat nilai-nilai grayscale dengan menggunakan warna, mengikuti skala warna yang diinginkan . Diberikan urutan nilai grayscale numerik $\{v_1 \leq \dots \leq v_N\}$ dipresentasikan warna $\{c_1 \leq \dots \leq c_N\}$ sebagai berikut:

1. Warna harus *perceivably* menjaga urutan nilai grayscale, hubungan antara warna c_1 harus dianggap sebagai sebelumnya c_i dirasakan sebelumnya c_N .
2. Warna harus *perceivably* mencerminkan jarak antara nilai-nilai grayscale, untuk setiap $1 \leq i, j, m, n \leq N$, jika maka pada $(c_i, c_j) =$ pada (c_m, c_n) , di mana pada (c_i, c_j) adalah jarak antara c_i dan c_j .

Untuk transformasi dirancang berdasarkan RGB model warna, R, G, dan B dibandingkan mengubah gray-level fungsi tidak harus menurun secara simultan dan intensitas, $I = (R + G + B) / 3$ [3],

$$1 \leq n \leq N - 1 \text{ dan } r_n \leq r_{n+1}, g_n \leq g_{n+1} \text{ dan } b_n \leq b_{n+1} \dots\dots\dots (4)$$

Sehingga,

$$r_n + g_n + b_n \leq r_{n+1} + g_{n+1} + b_{n+1} \dots\dots\dots (5)$$

Warna campuran tiga (RGB), dan tidak campuran, untuk menghindari saturasi berlebihan. Untuk transformasi dirancang berdasarkan model warna HSI, sifat yang baik untuk mengungkapkan kedua bentuk dan nilai adalah sebagai berikut: intensitas I dibandingkan tingkat grayscale harus meningkatkan monoton; nilai hue H dibandingkan tingkat grayscale harus lingkaran melalui berbagai warna tertentu, sehingga [3];

$$1 \leq m \leq N, h_1 \leq \dots \leq h_m < h_{m+1} + 360 \dots \leq h_N + 360$$

$$h_1 \geq \dots \geq h_m > h_{m+1} - 360 \dots \geq h_N - 360 \dots\dots\dots (4)$$

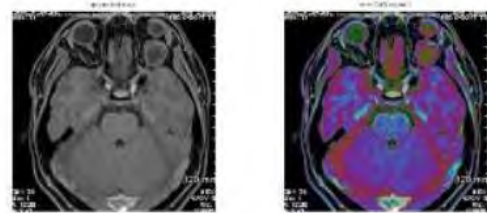
dan saturasi S dibandingkan tingkat grayscale harus monoton, yaitu:

$$s_1 \leq s_2 \leq s_3 \leq \dots \leq s_{N-1} \text{ atau } s_2 \geq s_3 \leq \dots \geq s_{N-1} \geq s_N \dots\dots\dots (5)$$

Nilai hue harus dipilih sedemikian rupa bahwa skala warna berjalan dari warna inheren gelap hue untuk warna cahaya inheren. Contoh hasil penelitian manipulasi citra dengan pseudocoloring (berdasarkan persamaan umum pseudocoloring persamaan 1) dapat dilihat pada gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Gambar pseudocoloring (a) Citra berwarna (b) Citra medis [4] [5]

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, proses pengolahan citra Ishihara menggunakan *pseudocoloring* dijelaskan, sebagai berikut (gambar 4) :

Tahapan citra manipulasi *pseudocoloring*.



Gambar 4 Tahapan manipulasi citra dengan *pseudocoloring*

Adapun langkah-langkah algoritma citra Pseudocolor:

- a. Citra RGB dikonversi menjadi citra *grayscale*, menggunakan persamaan, $L = \frac{r+g+b}{3}$
- b. Citra *grayscale* dikonversi ke HIS menggunakan persamaan: $\frac{240}{255} xG = H$, $h(x, y) = \frac{255g(x, y)}{\max g(x, y)}$ dan

$$h(x, y) = \frac{255g(x, y)}{\max g(x, y)}$$

Pada langkah ini nilai *hue* digeser atau diganti dengan warna lain sesuai tingkat kontras warna citra asli. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan factor k sebagai referensi untuk mencari warna pengganti. Pada penelitian ini factor k dicoba dari 1 sampai 2, sehingga factor k yang dipilih 2 sesuai dengan kebutuhan citra atau gambar.

Derajat keabuan piksel dari kondisi tanpa warna (yang adanya derajat keabuan dari 0-255) ke dalam kondisi HIS yang memandang sebuah piksel dari apa warna sebenarnya yang dimiliki oleh piksel-piksel tersebut atau komponen *hue* (H) dari citra, sebanyak intensitas cahaya yang diterima oleh citra atau komponen *intensity* (I) dari citra dan seberapa dalam warna yang dimiliki oleh sebuah piksel atau komponen *saturation* (S) dalam sebuah citra.

Komponen *hue* dipilih berdasarkan :

- 1) Warna sesuai persepsi mata manusia (hijau)
- 2) Warna atau objek terang / cerah direpresentasikan sebagai warna kuning.
- 3) Warna atau objek gelap direpresentasikan sebagai warna cyan.

c. Citra HSI dikonversi menjadi citra RGB, menggunakan persamaan:

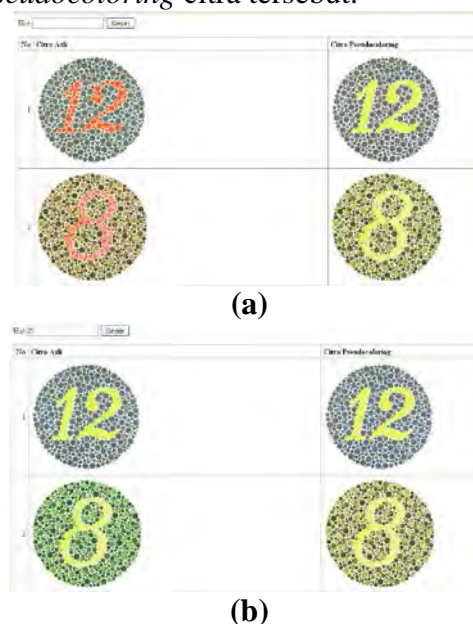
$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil manipulasi citra Ishihara dengan metode *pseudocoloring* dapat dilihat pada gambar 5. Proses manipulasi citra sama dengan HSI dilakukan berbasis web. Kolom pertama dari gambar 5 (a) merupakan citra asli Ishihara 24 *plate* dan kolom kedua hasil citra manipulasi *pseudocoloring*. Sedangkan pada gambar 5 (b) kolom pertama merupakan citra asli yang diperoleh dari hasil manipulasi citra dengan HIS (citra 25 sampai 48) dan kolom kedua merupakan hasil manipulasi *pseudocoloring* citra tersebut.



Gambar 5 Manipulasi Citra Ishihara dengan pseudocoloring

Analisis citra hasil *pseudocoloring* dilakukan dengan cara membandingkan citra asli, citra manipulasi *pseudocoloring*. Penelitian ini menganalisis citra Ishihara yang digunakan dengan metode *Hue*, *Intensity* dan *Saturation* (HIS) dan *pseudocoloring*. Tujuannya untuk mengetahui karakteristik citra Ishihara setiap *plate* yang dijawab responden. Perbandingan citra asli, dan citra *pseudocoloring* dapat dilihat pada lampiran 1.

Pada prinsipnya tes Ishihara menggunakan *pseudoisochromatic plate* pada proses pemeriksaannya. Secara teori dikatakan bahwa metode ini lebih dominan menggunakan warna merah dan

hijau, sehingga hanya dapat digunakan untuk mengetahui gangguan penglihatan warna parsial terhadap warna merah-hijau. Sedangkan pada umumnya untuk gangguan penglihatan warna parsial terhadap biru-kuning akan sulit diketahui. Untuk itu pada penelitian digunakan manipulasi citra Ishihara, sehingga jumlah sampel citra Ishihara yang digunakan sama. Kelemahan penting dari metode ini adalah sifatnya yang statis (tetap), sehingga ada kemungkinan untuk dihafal. Pada penelitian ini simulasi yang dirancang citra Ishihara yang dibaca secara random (acak).

Berdasarkan tabel 1, perbandingan citra asli, citra manipulasi *pseudocoloring* berdasarkan jumlah jawaban responden yang benar terhadap simulasi citra Ishihara. Sebagai contoh, citra *plate 2* (angka 8) hasil simulasi citra asli dari 40 responden yaitu 92,5%, citra *pseudocoloring* (dari citra asli merah-hijau) yaitu 97,5% dan citra *pseudocoloring* (dari citra manipulasi biru-kuning) yaitu 97,5%. Untuk kasus *plate 2* ini dapat disimpulkan persentase kebenaran terendah citra asli. Ini berarti responden lebih dominan mengalami gangguan penglihatan warna merah-hijau. Dan untuk persentase kebenaran terendah dari masing-masing metode adalah *plate 16* (angka 26).

Untuk *pseudocoloring* persentase kebenarannya hampir sama baik *pseudocoloring* citra merah-hijau maupun *pseudocoloring* citra biru-kuning. Ini sesuai dengan sifat dari *pseudocoloring* atau pewarnaan semu yaitu penambahan warna pengganti (warna yang mirip bisa diganti dengan satu sama lain).

Selain tabel 2, analisis perbandingan citra asli dengan citra manipulasi *pseudocoloring* dapat dilihat pada gambar 6, grafik hasil simulasi citra Ishihara. Grafik hasil simulasi citra Ishihara ini membandingkan antara citra Ishihara (horizontal) dengan persentase jumlah kebenaran jawaban responden (vertikal). Satu *plate* citra Ishihara terdiri dari 4

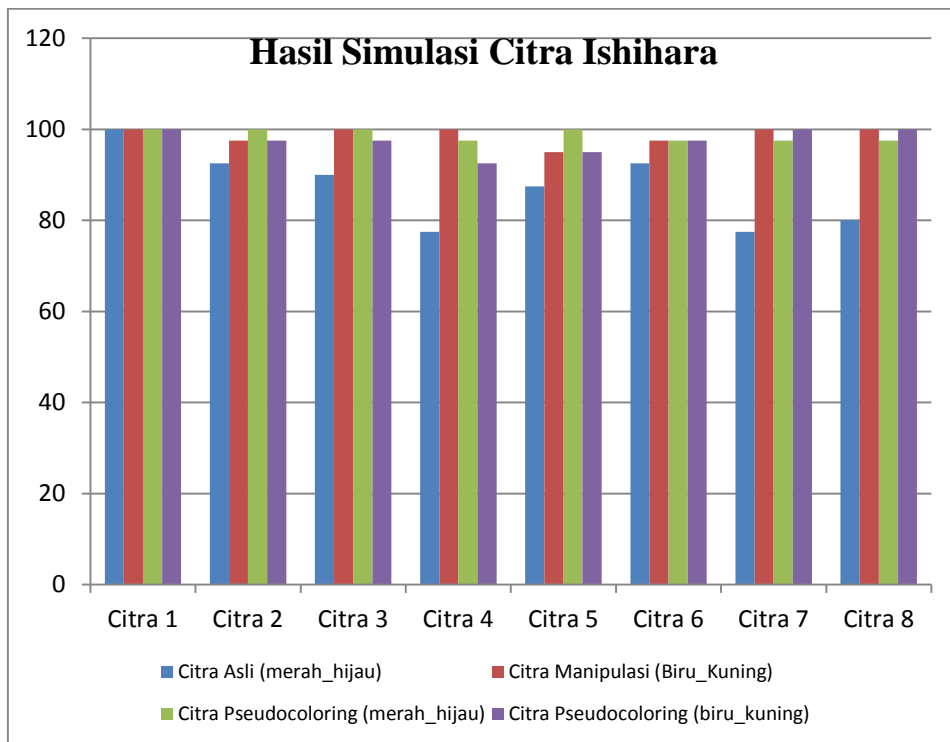
sampel citra yaitu citra asli (biru), citra *pseudocoloring* merah-hijau (hijau) dan citra *pseudocoloring* biru-kuning (ungu). Dari grafik tersebut citra asli hampir seluruh terendah dari citra sampel lainnya. Sedangkan untuk *plate 1* semua benar 100% setiap sampel citra.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil manipulasi citra Ishihara dengan *pseudocoloring* dan analisis yang dilakukan dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan, penelitian ini telah berhasil melakukan manipulasi citra Ishihara yang digunakan untuk menentukan tingkat buta warna responden. Dan dapat memberikan perbandingan antara citra asli Ishihara dengan manipulasi *pseudocoloring*.





DAFTAR PUSTAKA

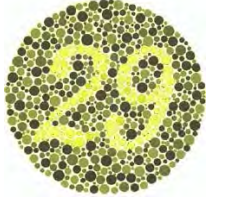

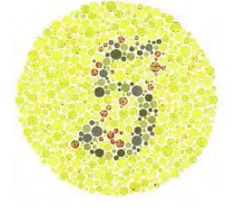
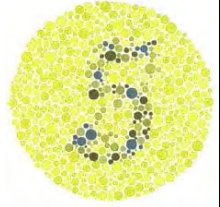
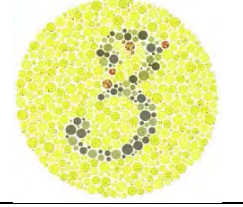
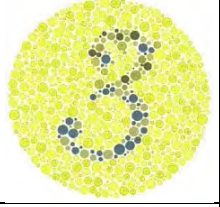




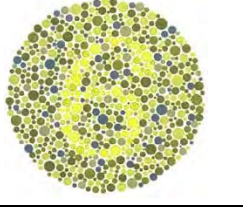
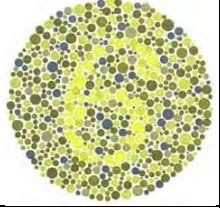
- [1]. Eko Prasetyo (2011) Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab. Penerbit Andi Yogyakarta.
- [2]. Prof. P. K. Biswas () Digital Image Processing. Lecture – 28. Colour Image Processing – III. Department of Electronics & Electrical Communication Engineering Indian Institute of Technology, Kharagpur.
- [3]. Andreas Koschan dan Mongi Abidi (2008) Digital Color Image Processing. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada.
- [4]. Ali, L. (2012). *Color Vision Deficiency (Cvd) In The Medical And Allied Occupations* JUMDC3(1).
- [5]. J. H. Jang and J. B. Ra (2008). Pseudo-Color Image Fusion Based on *Intensity-Hue-Saturation* Color Space, Proceedings of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems Seoul, KAIST, Daejeon, Korea, August 20 - 22, 2008.

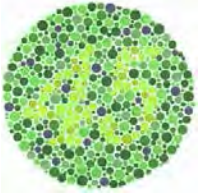
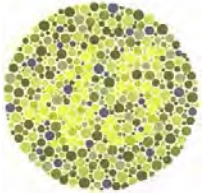





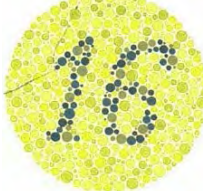
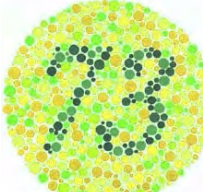


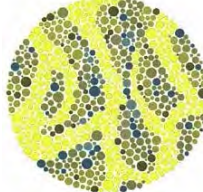










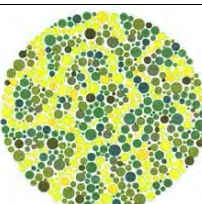
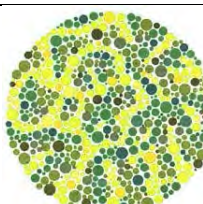
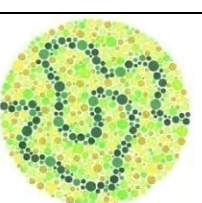
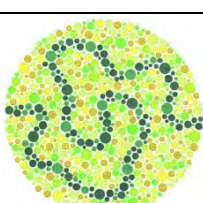
Gambar 6. Grafik Hasil Simulasi Citra Ishihara

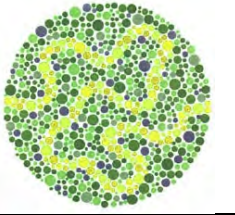
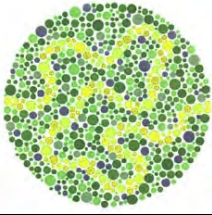
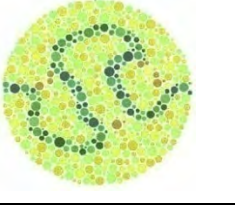
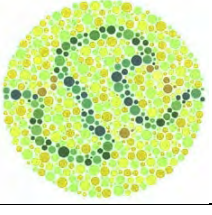
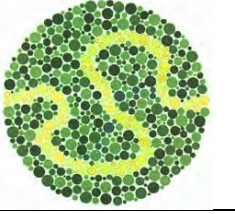
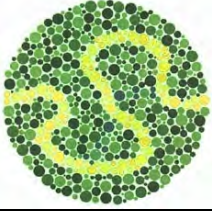
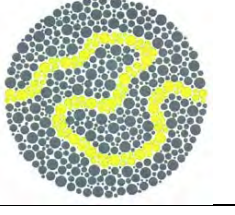
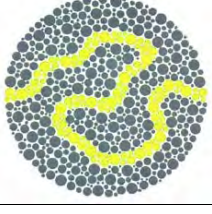
Lampiran 1. Perbandingan citra asli Ishihara, dan citra manipulasi *pseudocoloring* Ishihara

Plate Citra Ishihara	Simulasi Citra <i>Pseudocoloring</i>	
	Citra Asli (merah-hijau)	Citra Manipulasi HIS (biru-kuning)
1		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
2		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	97.5

3		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	97.5
4		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	92.5
5		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	95
6		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	97.5
7		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	100
8		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	100

9		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	95
10		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	95
11		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	100
12		
Hasil Simulasi Citra (%)	97.5	97.5
13		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
14		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100

15		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
16		
Hasil Simulasi Citra (%)	87.5	92.5
17		
Hasil Simulasi Citra (%)	90	97.5
18		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
19		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
20		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100

21		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
22		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
23		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100
24		
Hasil Simulasi Citra (%)	100	100