

# Sistem Evaluasi Desain Antarmuka Situs Web untuk Penyandang Buta Warna Berbasis Deteksi Tepi

Aurelius Marcel Candra  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
Email: 13519198@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Buta warna merupakan suatu kelainan visual yang mengakibatkan penderitanya tidak dapat mempersepsi warna tertentu. Kondisi tersebut mengakibatkan penyandang buta warna mengalami kesulitan mengakses dan menikmati beragam konten digital, terutama situs web. Salah satu alternatif solusinya adalah membuat desain antarmuka yang dirancang khusus bagi penyandang buta warna. Namun, hal ini menimbulkan kendala tersendiri, dengan para desainer, yang umumnya bermata normal, tidak mengetahui bagaimana persepsi penderita buta warna dan tidak adanya suatu metrik untuk menilai apakah sebuah antarmuka sudah dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna atau belum. Dengan demikian, dicoba dirancang sebuah sistem evaluasi yang memungkinkan desainer untuk memahami persepsi visual penderita buta warna dan memberikan penilaian untuk menentukan kelayakan sebuah desain antarmuka bagi penderita buta warna. Metode evaluasi antarmuka didasarkan pada algoritma deteksi tepi dan terbilang sebagai usulan baru. Oleh karena itu, pengujian terbatas pada argumentasi yang menunjukkan keunggulan metode yang diusulkan. Hasil pengujian menunjukkan berhasil diimplementasikan sebuah sistem evaluasi yang dapat menampilkan perbedaan persepsi visual antara mata normal dan penyandang buta warna serta memberikan evaluasi berbasis deteksi tepi dengan peluang terbuka untuk pengembangan atau pengujian selanjutnya.

**Kata kunci**—sistem evaluasi, antarmuka, buta warna, deteksi tepi

## I. PENDAHULUAN

Kecanggihan yang ditawarkan teknologi komputer tidak serta merta mampu memberikan pengalaman penggunaan yang sama kepada setiap orang, terlebih karena karakteristik dan keterbatasan setiap orang yang sangat beragam, dengan salah satunya adalah buta warna. Menurut data, kelainan buta warna diperkirakan diderita 1 dari 12 laki-laki dan 1 dari 200 perempuan [1]. Buta warna merupakan gangguan visual yang mengakibatkan penderitanya tidak dapat mempersepsi warna-warna tertentu.

Apabila dikaitkan dengan keterbatasan pengguna komputer, situs web bisa menjadi produk unggulan jika mampu mengakomodasikan berbagai kebutuhan seluruh penggunanya sekalipun dirintangi keterbatasan tertentu. Oleh karenanya, sebuah situs web tidak dapat didesain secara asal dan perlu memperhatikan berbagai elemen desain tertentu. Khususnya dalam konteks buta warna, antarmuka situs web perlu didesain sedemikian rupa sehingga juga dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna tanpa kesulitan.

Permasalahan timbul ketika seorang desainer situs web yang umumnya memiliki penglihatan normal mencoba membuat antarmuka yang ramah digunakan oleh penyandang buta warna. Seseorang yang memiliki penglihatan normal tentunya tidak dapat mengetahui apa yang dipersepsi oleh

penyandang buta warna sehingga memerlukan umpan balik dari penyandang buta warna terhadap desain antarmuka yang dibuatnya. Walaupun demikian, umpan balik tersebut masih bisa dikatakan subjektif dan mengandung bias karena buta warna terbagi menjadi beberapa jenis dan masing-masing ada tingkat keparahannya.

Oleh karena itu, berbagai alternatif teknologi penunjang atau alat bantu visual bagi penyandang buta warna yang sudah ada cenderung berorientasi kepada penggunaannya. Artinya, pengguna yang menderita buta warna perlu memiliki alat bantu tersebut, yang umumnya berupa aplikasi pada perangkat mobile, dan menggunakannya sambil beraktivitas sehari-hari, misalnya mengakses situs web. Aplikasi pembantu penyandang buta warna ini sudah banyak, misalnya Color Reader buatan IRLMobile Software yang dapat menampilkan nama warna yang diseleksi, Color Blind Aid buatan iDisrupt.com yang dapat membantu mendeteksi warna hijau dan merah, dan Color Blind Pal dengan fitur lengkap seperti penamaan warna, simulasi visual buta warna, pergeseran warna, dan lainnya.

Didasari berbagai faktor tersebut, dicoba dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem evaluasi baru yang diperuntukkan bagi para desainer antarmuka situs web dengan metode evaluasi yang objektif. Sistem evaluasi ini diharapkan dapat membantu para desainer dengan menampilkan perbedaan persepsi visual antara mata normal dan penyandang buta warna terhadap desain antarmuka situs web yang diuji serta memberikan umpan balik berupa penilaian terhadap kelayakan desain antarmuka situs web untuk digunakan atau dipersepsi oleh penyandang buta warna.

## II. STUDI LITERATUR

### A. Buta Warna

Indra penglihatan pada manusia mengandalkan fotoreseptor pada retina mata yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu sel batang dan sel konus. Sel batang sensitif pada intensitas cahaya, sedangkan sel konus sensitif pada warna. Buta warna merupakan kelainan pada indra penglihatan yang diakibatkan oleh gangguan pada atau ketidakadaan sel konus yang menyebabkan penderitanya sulit mempersepsi warna-warna tertentu [2].

Buta warna diperkirakan diderita 1 dari 12 (8,3%) laki-laki dan 1 dari 200 (0,5%) perempuan. Penyebab utama buta warna adalah faktor genetika berupa kromosom X yang diwariskan dari orang tua. Oleh karena itu, laki-laki lebih mungkin menderita buta warna dibandingkan perempuan [3]. Selain faktor genetika, buta warna juga dapat disebabkan penyakit, seperti diabetes dan sklerosis, faktor usia, dan konsumsi obat-obatan.

Sel konus dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan sensitivitas terhadap panjang gelombang cahaya [4]:

1. L-konus (*L-cone*)

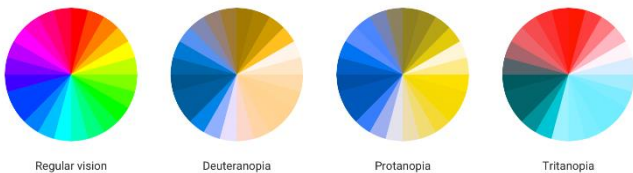
Sel konus yang sensitif terhadap gelombang cahaya panjang (*long*) di antara 564 – 580 nm, seperti pada warna merah. Penderita buta warna yang tidak memiliki sel L-konus digolongkan menjadi Protanopia.

2. M-konus (*M-cone*)

Sel konus yang sensitif terhadap gelombang cahaya sedang (*medium*) di antara 534 – 545 nm, seperti pada warna hijau. Penderita buta warna yang tidak memiliki sel M-konus digolongkan menjadi Deutanopia.

3. S-konus (*S-cone*)

Sel konus yang sensitif terhadap gelombang cahaya pendek (*short*) di antara 420 – 440 nm, seperti pada warna biru. Penderita buta warna yang tidak memiliki sel S-konus digolongkan menjadi Tritanopia.



Gambar II-1. Persepsi Warna dari Ketiga Tipe Buta Warna

B. Deteksi Tepi

Dalam bidang *computer vision*, deteksi tepi didefinisikan sebagai proses memperoleh properti atau fitur dari objek dalam sebuah citra. Fitur objek yang dapat ditangkap dapat berupa diskontinuitas dalam fotometri, geometri, dan bentuk fisik [5]. Secara fisik, tepian objek berkorespondensi dengan variasi nilai pada pantulan, pencahayaan, orientasi, dan kedalaman permukaan yang tertangkap layar. Dikarenakan intensitas citra relatif proporsional terhadap tingkat pencahayaan pada objek yang tertangkap layar, tepian objek direpresentasikan dalam fungsi perubahan nilai intensitas pada citra [5]. Bentuk variasi intensitas yang umum dan mudah dideteksi yaitu, *step edges* (tepi pijak), *line edges* (tepi garis), dan *junctions* (persimpangan).

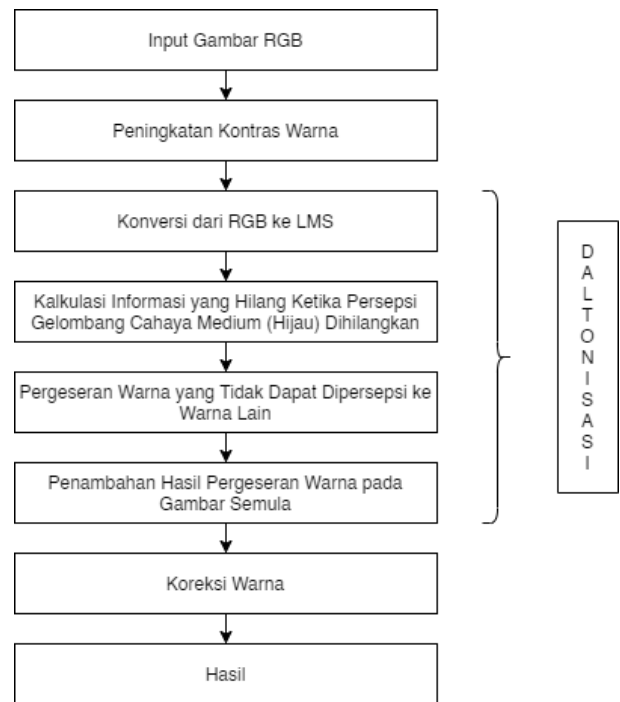


Gambar II-2. Hasil Deteksi Tepi Berbagai Operator Citra awal (kiri atas); Sobel (tengah atas); Prewitt (kanan atas); Robert (kiri bawah); Laplacian (tengah bawah); LoG (kanan bawah)

Metode deteksi tepi yang umum digunakan adalah operasi konvolusi dengan menggunakan beberapa operator matriks *mask*, di antaranya operator Sobel, operator Prewitt, operator silang Robert, *Laplacian of Gaussian* (LoG), dan operator Canny yang dinilai sebagai metode deteksi tepi yang memberikan hasil paling optimal. Metode konvolusi dengan menggunakan berbagai operator matriks *mask* tersebut terbatas pada operasi diferensial [5]. Kekurangan utama dari metode kalkulasi deteksi tepi dengan pendekatan diferensial terletak pada penanganan noise. Operator matriks *mask* tersebut sudah terdefinisi dan nilai elemennya statis, atau dengan kata lain tidak dapat beradaptasi terhadap kondisi citra yang diberikan.

C. Metode Daltonisasi

Daltonisasi merupakan algoritma perbaikan citra untuk menghasilkan citra dengan komposisi warna yang dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna, yang salah satunya bertipe Deutanopia atau tidak dapat menangkap panjang gelombang cahaya medium seperti warna hijau [6]. Sebagai pertimbangan tambahan, disampaikan bahwa berbagai macam metode atau algoritma perbaikan warna yang sudah ada memang berhasil menghasilkan gambar yang dapat dipersepsi penyandang buta warna, namun cenderung tidak nyaman atau malah tidak dapat dipersepsi oleh manusia dengan penglihatan normal. Algoritma yang diusulkan dalam jurnal ini ditujukan untuk menyeimbangkan hasil gambar yang dapat dipersepsi baik oleh penyandang buta warna maupun manusia normal pada umumnya.



Gambar II-3. Alur Proses Algoritma Daltonisasi

Tahapan penting yang terdapat dalam algoritma ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kontras warna

Peningkatan kontras warna merupakan tahapan awal yang dilakukan dalam ranah warna RGB dengan tujuan memberikan ruang pada nilai *pixel* yang ditingkatkan nilainya serta menghilangkan komponen warna hijau dan biru.

## 2. Daltonisasi

Proses Daltonisasi meliputi beberapa tahapan, yaitu konversi kanal warna dari RGB ke LMS, menghilangkan nilai panjang gelombang cahaya medium, dan melakukan pergeseran nilai terhadap panjang gelombang cahaya medium yang dihilangkan sebelumnya. Ketiga tahapan dalam proses Daltonisasi tersebut dapat dilakukan dengan cara operasi perkalian matriks.

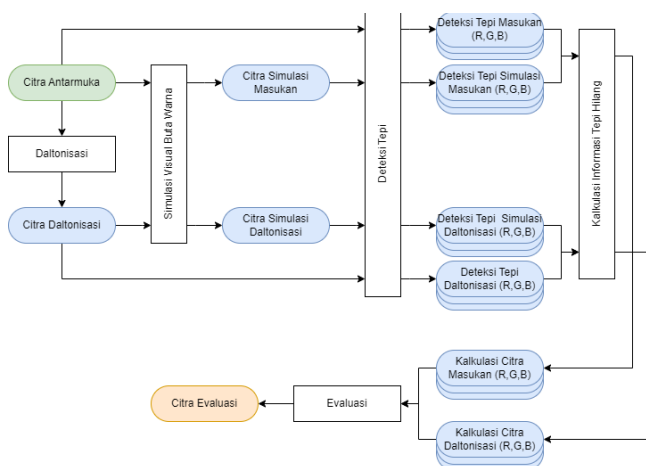
## 3. Koreksi warna dalam ranah LAB

Ranah warna LAB terdiri dari komponen *Lightness* (L), A yang menunjukkan nilai merah atau biru, dan B yang menunjukkan nilai kuning atau biru. Proses koreksi warna dilakukan lebih ke arah penyesuaian nilai untuk masing-masing komponen tersebut. Poin penting yang disampaikan terkait proses ini adalah belum adanya dasar teori yang dapat diimplementasikan sehingga hanya mengandalkan hasil eksperimen.

## III. RANCANGAN SOLUSI

### A. Rancangan Umum

Sistem evaluasi desain antarmuka situs web menerima masukan berupa citra desain antarmuka dan menghasilkan luaran berupa citra desain antarmuka yang sudah dievaluasi dan nilai hasil evaluasi. Masukan citra desain merupakan *file* gambar desain *hi-fi* atau *mockup* situs web, dengan format umum seperti .jpg, .jpeg, dan .png, yang diekspor dari aplikasi desain, misalnya Adobe Illustrator, CorelDraw, dan Figma. Luaran berupa citra yang sudah dievaluasi ditandai dengan citra masukan dengan *pixel* bagian tepi yang dijadikan negatif terhadap nilai *pixel* awal. *Pixel* tepi ini menunjukkan bahwa objek yang bersinggungan perlu dikoreksi agar dapat dipersepsi lebih baik oleh penyandang buta warna. Luaran kedua berupa nilai hasil evaluasi menunjukkan persentase *pixel* tepi objek yang dinilai berhasil dipersepsi oleh penyandang buta warna terhadap total *pixel* tepi. Dikarenakan nilai hasil evaluasi didasarkan pada *pixel* tepi, nilai hasil evaluasi tidak berbanding lurus terhadap jumlah *pixel* permukaan objek yang perlu dikoreksi.

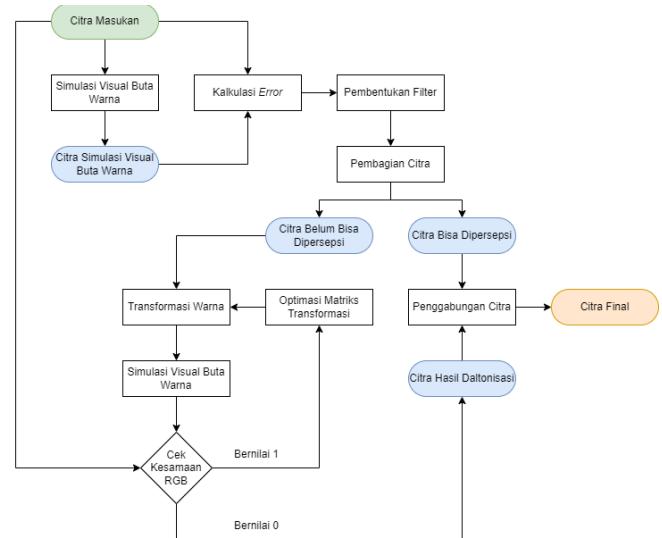


Gambar III-1. Diagram Alur Proses Sistem Evaluasi

### B. Rancangan Daltonisasi

Daltonisasi merupakan algoritma yang ditujukan untuk menghasilkan citra luaran yang dinilai dapat dipersepsi baik oleh penyandang buta warna tipe tertentu sekaligus orang

berpenglihatan normal. Rancangan alur proses daltonisasi pada tugas akhir ini mencoba mengadopsi dan menggabungkan hasil penelitian oleh Anika Tasnim dan Mohammad S. Hasan [7] dengan hasil penelitian oleh Anagnostopoulos dkk. [8]. Hal ini didasari pertimbangan bahwa kedua algoritma memiliki kemiripan, namun juga memiliki ambiguitas pada beberapa bagian yang tertulis lebih jelas pada hasil penelitian lainnya. Untuk tipe data yang digunakan terbatas pada tipe data *double* selama tidak ada kebutuhan untuk menyangkan citra ke layar.



Gambar III-2. Diagram Alur Proses Daltonisasi

### C. Metode Evaluasi

Metode evaluasi dirancang untuk memberikan highlight atau menonjolkan bagian tepi pada sebuah citra antarmuka yang dinilai memiliki komposisi warna yang sulit atau tidak bisa dipersepsi oleh penyandang buta warna tipe tertentu. Metode evaluasi yang dirancang dimulai dari tahap kalkulasi informasi tepi yang hilang sampai menghasilkan luaran citra yang sudah dievaluasi beserta nilai evaluasi.

Tahap kalkulasi informasi tepi yang hilang menerima empat citra masukan, yaitu:

1. Hasil deteksi tepi citra masukan ( $I_E$ )
2. Hasil deteksi tepi simulasi visual buta warna dari citra masukan ( $I_{VE}$ )
3. Hasil deteksi tepi citra daltonisasi ( $I_D$ )
4. Hasil deteksi tepi simulasi visual buta warna dari citra daltonisasi ( $I_{VD}$ )

Kalkulasi informasi tepi hilang dilakukan berpasangan antara citra  $I_E$  dengan citra  $I_{VE}$  dan citra  $I_D$  dengan citra  $I_{VD}$ . Operasi matematika yang dilakukan hanya selisih tanpa dijadikan nilai absolut antara deteksi tepi citra awal dan deteksi tepi citra hasil simulasi visual buta warna. Oleh karena deteksi tepi dilakukan untuk masing-masing kanal warna, operasi selisih pada kalkulasi informasi tepi hilang juga perlu dilakukan untuk ketiga kanal warna.

Kalkulasi informasi tepi hilang menghasilkan citra luaran yang menyerupai hasil deteksi tepi namun memiliki makna nilai yang berbeda. Untuk setiap *pixel* hasil kalkulasi informasi tepi hilang, semakin tinggi nilai yang dimiliki berarti *pixel* tersebut semakin sulit untuk dipersepsi oleh penyandang buta warna dengan tipe yang sedang

disimulasikan. Sebaliknya, semakin rendah nilai *pixel* menunjukkan *pixel* tersebut mudah atau tidak bermasalah dipersepsi oleh penyandang buta warna. Dengan demikian, kondisi ideal diperoleh jika setiap *pixel* pada citra hasil kalkulasi informasi tepi hilang bernilai 0 atau mendekati 0.

Tahapan berikutnya adalah melakukan evaluasi yang membandingkan hasil kalkulasi informasi tepi hilang antara citra masukan dengan citra hasil daltonisasi. Secara umum, tahap ini mengevaluasi apakah informasi tepi hilang pada citra masukan, sebagai citra antarmuka yang sedang diuji, jauh lebih besar dari pada informasi tepi hilang pada citra hasil daltonisasi, yang menjadi standar uji. Secara lebih rinci, evaluasi dilakukan dengan menjumlahkan informasi tepi hilang dari ketiga kanal warna yang diperoleh dari proses sebelumnya, baik untuk citra masukan maupun citra daltonisasi, untuk kemudian dibandingkan dengan melibatkan nilai ambang batas toleransi, seperti dijabarkan sebagai berikut:

$$K_{IR} + K_{IG} + K_{IB} > K_{DR} + K_{DG} + K_{DB} + threshold \quad (III-1)$$

Jika sebuah *pixel* pada citra masukan memiliki jumlah nilai informasi tepi hilang yang jauh melebihi jumlah informasi tepi hilang *pixel* yang berkorespondensi pada citra hasil daltonisasi, *pixel* yang berlokasi serupa pada citra masukan dimodifikasi dengan dijadikan bernilai negatif sebagai tanda bahwa warna objek yang bersinggungan dengan *pixel* tersebut masih perlu dikoreksi. Selain modifikasi pada citra masukan, luaran kedua berupa nilai evaluasi yang menunjukkan persentase *pixel* tepi, yang sudah dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna, juga dikalkulasi pada tahap akhir ini dengan persamaan berikut:

$$Evaluasi = \left(1 - \frac{E}{T}\right) * 100\% \quad (III-2)$$

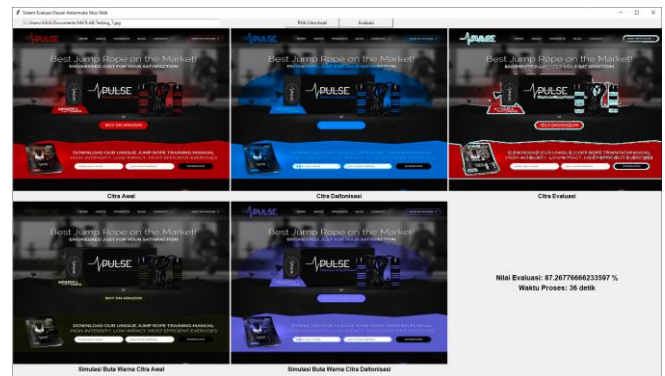
#### IV. IMPLEMENTASI

Sistem evaluasi desain antarmuka situs web diimplementasikan dalam bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan *library* OpenCV dan Numpy. OpenCV (*Open-Source Computer Vision Library*) merupakan *library open-source* yang diperuntukkan untuk menunjang program di bidang *Computer Vision* dan pembelajaran mesin. OpenCV dikembangkan pada awalnya untuk Bahasa C dan C++ namun tetap dapat digunakan dalam bahasa pemrograman lain seperti Java dan Python melalui API (*Application Programming Interface*). OpenCV dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pembacaan dan penulisan data citra.

Selain OpenCV, Numpy juga dibutuhkan untuk efisiensi operasi aritmatika terhadap data citra. Serupa dengan OpenCV yang bersifat *open-source*, Numpy (*Numerical Python*) merupakan *library* khusus dalam bahasa Python yang dikembangkan untuk kebutuhan pengolahan data angka di berbagai bidang, seperti *data science*. Salah satu fitur utama yang disajikan Numpy adalah struktur data *array* atau matriks multidimensi yang memiliki waktu komputasi jauh lebih efisien jika dibandingkan dengan kode program yang menggunakan iterasi biasa.

Dari sisi kebutuhan implementasi GUI (*Graphical User Interface*), sistem evaluasi desain antarmuka situs web

diimplementasikan menggunakan *framework* Tkinter. Tkinter sudah menjadi *interface* standar yang menyabungkan Python dengan *Tk GUI Toolkit*, yaitu *package* bawaan Python. Tkinter dinilai menjadi alternatif paling cepat dan mudah untuk membangun sebuah GUI sederhana dari sistem evaluasi desain antarmuka situs web yang diimplementasikan.



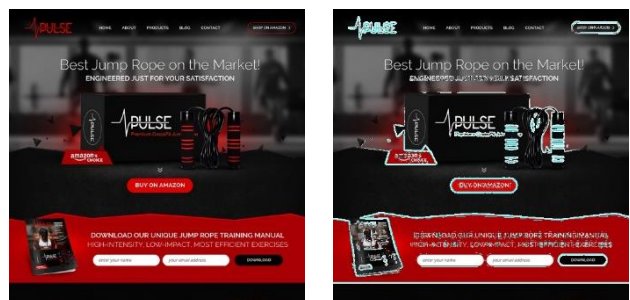
Gambar IV 1. Tampilan Sistem Evaluasi pada Kondisi Evaluasi Selesai Dilakukan

#### V. PENGUJIAN

##### A. Pengujian Sistem Evaluasi

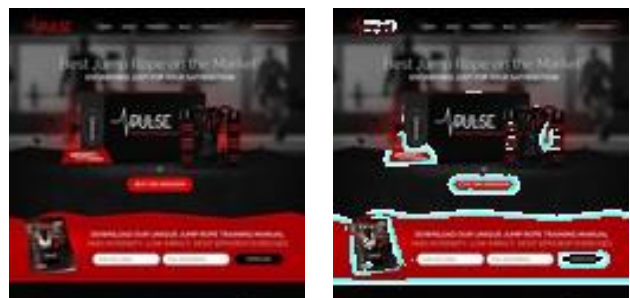
Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil evaluasi yang dikeluarkan sistem evaluasi dengan citra masukan dalam berbagai kondisi bervariasi, yaitu:

- Citra desain antarmuka normal (nilai hasil evaluasi: 87.27%)



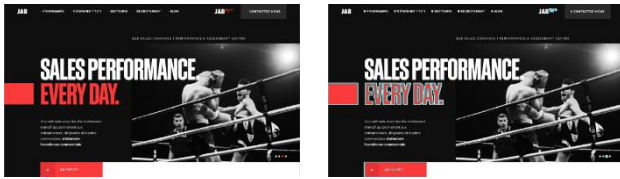
Gambar IV-1. Hasil Evaluasi Citra Uji Normal

- Citra desain antarmuka dengan resolusi minimum (nilai hasil evaluasi: 89.76%)



Gambar IV-2. Hasil Evaluasi Citra Uji Resolusi Minimum

- Citra desain antarmuka dilengkapi teks (nilai hasil evaluasi: 88.40%)



Gambar IV-3. Hasil Evaluasi Citra Uji Dilengkapi Teks

- Citra desain antarmuka dengan gradasi warna (nilai hasil evaluasi: 82.46%)



Gambar IV-4. Hasil Evaluasi Citra Uji Gradasi Warna

## B. Pengujian Metode Evaluasi Berbasis Deteksi Tepi

### 1) Pendekatan dari Sisi Metode

Pengujian dengan pendekatan dari sisi metode dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dengan melibatkan proses deteksi tepi dan hasil yang diperoleh tanpa proses apapun sebagai kontrol. Secara sekilas, hasil selisih citra uji dan hasil simulasi buta warna tanpa deteksi tepi seperti yang ditampilkan pada Gambar IV-14 menunjukkan area pada citra yang memiliki kadar warna merah yang relatif tinggi. Hasil demikian sesuai dengan perhitungan matematis selisih antara nilai *pixel* pada citra uji dengan kanal warna merah mendekati 255 dan *pixel* hasil simulasi buta warna dengan kanal warna merah mendekati 0. Hasil serupa juga ditunjukkan pada citra hasil selisih yang melibatkan deteksi tepi seperti pada Gambar IV-15 di bagian kanal warna merah dengan *pixel* berwarna putih menunjukkan selisih yang relatif tinggi.



Gambar IV-5. Perbandingan Hasil Selisih Tanpa Deteksi Tepi (Kiri) dan Menggunakan Deteksi Tepi (Kanan)

Keunggulan hasil selisih citra dengan proses deteksi tepi terletak pada akurasi pemetaan lingkup objek yang dinilai belum atau tidak dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna. Sebagai contoh, dapat diperhatikan *button* pada bagian kanan bawah citra uji. Pada Gambar IV-14, hanya terdapat area berwarna hitam yang menyerupai kedua *button* di sebelah kirinya, sedangkan pada Gambar IV-15 di bagian kanal warna merah, terlihat bahwa sekeliling *button* tersebut ditandai dengan *pixel* berwarna putih. Jika dibandingkan, hasil selisih antara citra uji dan simulasi buta warna cenderung hanya menonjolkan area pada citra yang memiliki warna yang tidak dapat dipersepsi penyandang buta warna, sedangkan hasil selisih citra dengan deteksi tepi dapat menunjukkan secara lebih akurat bagian dari objek yang tidak dapat dipersepsi

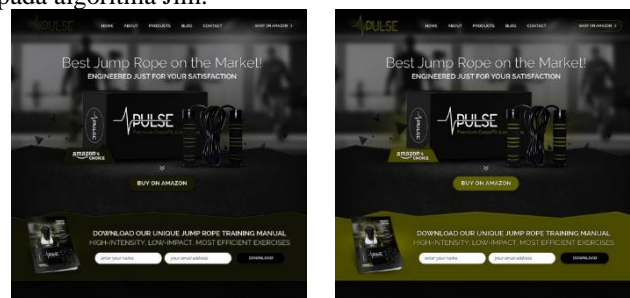
dengan jelas oleh penyandang buta warna. Dengan kata lain, evaluasi dari selisih citra uji dan hasil simulasi terbatas pada anjuran untuk mengganti warna pada keseluruhan objek yang tidak dapat dipersepsi, sedangkan evaluasi dari selisih citra dengan melibatkan deteksi tepi dapat mengarahkan desainer pada sebagian objek saja namun signifikan.

### 2) Pendekatan dari Sisi Pengaruh Algoritma Transformasi Warna

Pada kenyataannya, tipe kelainan buta warna bisa sangat bervariasi. Jika tingkat keparahan buta warna pada masing-masing tipe ikut diperhitungkan, dibutuhkan matriks transformasi warna dalam jumlah banyak untuk menangani masing-masing kondisi. Dengan demikian, perlu dilakukan pengujian terkait hasil deteksi tepi untuk citra simulasi visual buta warna dengan algoritma selain yang sudah diimplementasikan pada sistem evaluasi. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pertama dilakukan perbandingan antara hasil deteksi tepi citra simulasi Protanopia, dengan algoritma seperti yang sudah diimplementasikan, dengan hasil deteksi citra simulasi Protanopia dengan menggunakan algoritma berbeda. Pada kondisi kedua dilakukan analisis terhadap hasil deteksi tepi citra simulasi visual buta warna Dikromasi dengan tipe berbeda, yaitu tipe Deuteranopia dan Tritanopia.

#### a) Simulasi Buta Warna Protanopia dengan Algoritma Lain

Pada pengujian ini, sebagai pembanding, digunakan algoritma transformasi warna untuk simulasi visual buta warna tipe Protanopia yang diusulkan oleh Jim [9]. Jika dibandingkan dari sisi alur proses, algoritma simulasi Protanopia oleh Viénot, yang sudah diimplementasikan pada sistem evaluasi, dengan algoritma yang diusulkan oleh Jim tidak berbeda jauh. Proses utama kedua algoritma meliputi konversi nilai *pixel* dari ranah warna RGB menjadi LMS, kemudian dilakukan transformasi warna, dan terakhir hasil transformasi dikembalikan ke ranah warna RGB. Perbedaan antara kedua algoritma terletak pada komposisi elemen matriks konversi dan transformasi yang digunakan serta adanya prosedur tambahan berupa penanganan nilai gamma pada algoritma Jim.

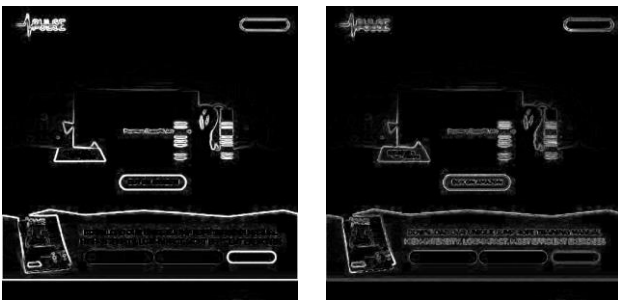


Gambar IV-6. Perbandingan Hasil Selisih Algoritma Viénot (Kiri) dan Algoritma Jim (Kanan)

Jika dibandingkan, antara citra hasil simulasi buta warna Protanopia dengan algoritma Viénot dan citra hasil algoritma Jim tampak perbedaan yang jelas pada hasil transformasi warna merah. Pada algoritma Jim, warna merah ditransformasikan menjadi warna kuning kehijauan gelap, sedangkan pada algoritma Viénot, warna merah ditransformasikan menjadi warna hitam-abu gelap. Hasil transformasi warna merah menjadi kuning kehijauan gelap pada algoritma Jim berdampak pada hasil selisih deteksi tepi

yang terdistribusi pada kanal warna merah dan kanal warna hijau.

Evaluasi lebih lanjut dilakukan terhadap hasil selisih deteksi tepi dari kedua algoritma dengan menjumlahkan hasil selisih pada ketiga kanal warna yang kemudian dinormalisasi terhadap nilai jumlah tertinggi. Dengan membandingkan kedua hasil tersebut, dapat dinilai bahwa algoritma Viénot relatif lebih baik dari pada algoritma Jim karena menampilkan informasi tepi yang hilang secara lebih kontras. Hasil selisih yang tampak lebih kontras disebabkan oleh hasil selisih deteksi tepi yang sudah terpusat pada kanal warna merah. Berbeda dengan hasil selisih deteksi tepi pada citra simulasi Protanopia dengan algoritma Jim yang tersebar pada kanal warna merah dan hijau sehingga hasil akhir cenderung hanya memetakan tepi-tepi dari objek yang terdapat pada citra.



Gambar IV-7. Perbandingan Hasil Jumlah Selisih Deteksi Tepi dan Normalisasi Algoritma Viénot (Kiri) dan Algoritma Jim (Kanan)

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat ditarik dua penilaian terkait metode evaluasi dengan algoritma deteksi tepi ini. Di satu sisi, dengan membandingkan selisih deteksi tepi dari dua algoritma simulasi visual buta warna berbeda, metode deteksi tepi dapat menunjukkan algoritma mana yang lebih baik dan akurat memetakan komponen objek yang masih sulit dipersepsi oleh penyandang buta warna. Di sisi lain, hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil evaluasi berbasis deteksi tepi sangat dipengaruhi oleh algoritma simulasi visual buta warna yang digunakan. Untuk menentukan penilaian mana yang lebih tepat, masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan mencoba membandingkan hasil evaluasi dengan beragam algoritma simulasi visual buta warna.

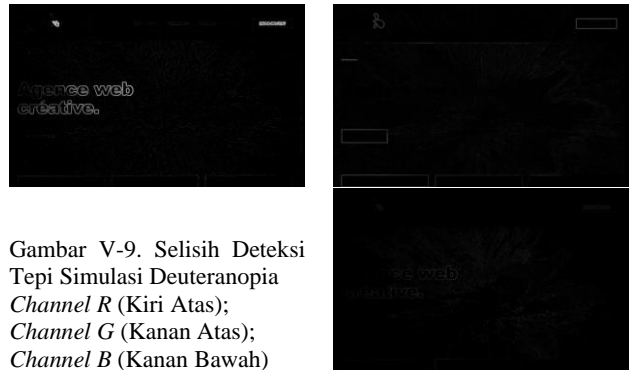
#### b) Simulasi Buta Warna Deuteranopia



Gambar IV-8. Citra Uji (Kiri) dan Hasil Simulasi Deuteranopia (Kanan)

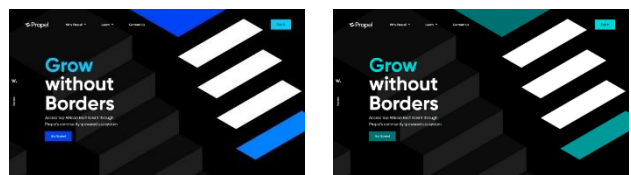
Secara sekilas, hasil selisih deteksi tepi tampak tidak intuitif karena tidak menunjukkan selisih kontras pada kanal warna hijau, melainkan hasil selisih lebih kontras ditampilkan pada kanal warna merah. Namun, jika dilihat berdasarkan komposisi warna RGB, perubahan warna yang dihasilkan sudah benar. Warna hijau pekat misalnya dengan nilai RGB (0, 255, 0) ketika ditransformasikan menjadi warna kuning pekat dengan algoritma simulasi buta warna

Deuteranopia memiliki nilai RGB (255, 255, 0). Pada citra digital berbasis RGB, warna kuning dihasilkan dari kombinasi nilai pada kanal warna hijau dan merah.



Gambar V-9. Selisih Deteksi Tepi Simulasi Deuteranopia Channel R (Kiri Atas); Channel G (Kanan Atas); Channel B (Kanan Bawah)

#### c) Simulasi Buta Warna Tritanopia



Gambar IV-10. Citra Uji (Kiri) dan Hasil Simulasi Tritanopia (Kanan)

Selisih deteksi tepi memberikan hasil sesuai ekspektasi dengan informasi hilang terpusat pada kanal warna biru. Hasil selisih deteksi tepi tidak tampak kontras dikarenakan hasil transformasi warna yang tidak jauh berbeda. Perubahan warna dari biru pekat menjadi hijau biru memiliki jarak perubahan yang relatif kecil dan secara visual, kombinasi warna yang digunakan pada citra uji antarmuka, yaitu hitam dan biru, masih bisa dipersepsi oleh penderita buta warna Tritanopia. Dengan kata lain, selisih deteksi tepi atau informasi tepi yang hilang yang relatif sedikit sesuai dengan citra antarmuka yang relatif masih bisa dipersepsi oleh penyandang buta warna.



Gambar V-11. Selisih Deteksi Tepi Simulasi Tritanopia Channel R (Kiri Atas); Channel G (Kanan Atas); Channel B (Kanan Bawah)

## VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan argumentasi yang diajukan, dinilai sistem evaluasi berhasil menampilkan perbedaan persepsi visual antara mata normal dan penyandang buta warna dengan menampilkan citra masukan dan citra hasil simulasi visual buta warna pada antarmuka program. Sistem evaluasi dapat memberikan estimasi nilai hasil evaluasi pada desain antarmuka situs web sebagai alternatif alat ukur objektif terhadap kelayakan desain antarmuka tersebut. Nilai hasil evaluasi yang diberikan menunjukkan persentase tepian objek yang relatif sudah

dapat dipersepsi oleh penyandang buta warna. Dengan demikian, nilai hasil evaluasi belum tentu berbanding lurus terhadap jumlah pixel permukaan objek yang sudah dapat dipersepsi. Secara saintifik, tidak ditemukan metode atau metrik pengukuran untuk menguji ketepatan sistem evaluasi yang dibangun. Tahap pengujian yang dilakukan masih sebatas argumentasi yang mendukung usulan penggunaan deteksi tepi sebagai alternatif metode evaluasi kelayakan desain antarmuka situs web bagi penyandang buta warna. Argumentasi yang dituliskan mencakup keunggulan dari sisi metode dan pembahasan terkait pengaruh algoritma transformasi warna yang digunakan.

#### REFERENSI

- [1] Wong, B. (2011). Color blindness. *nature methods*, 8(6), 441.
- [2] Viénot, F., Brettel, H., Ott, L., M'barek, A. B., & Mollon, J. D. (1995). What do colour-blind people see?. *Nature*, 376(6536), 127-128.
- [3] Badlani, J. D., & Deshmukh, C. N. (2016). A Novel Technique for Modification of Images for Deuteranopic Viewers. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(4), 467-473.
- [4] De Paula, J. B. (2006). Converting rgb images to lms cone activations. *Computer Science Department, University of Texas at Austin*.
- [5] Ziou, D., & Tabbone, S. (1998). Edge detection techniques-an overview. *Pattern Recognition and Image Analysis C/C of Raspoznavaniye Obrazov I Analiz Izobrazhenii*, 8, 537-559.
- [6] Halder, N., Roy, D., Chowdhury, T., Chattaraj, A., & Roy, P. (2015). Image color transformation for deuteranopia patients using Daltonization. *IOSR J. VLSI Signal Process*, 5(5), 15-20.
- [7] Tasnim, A., & Hasan, M. S. (2017, December). An improved dynamic daltonization for color-blinds. In *2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)* (pp. 798-801). IEEE.
- [8] Anagnostopoulos, C. N., Tsekouras, G., Anagnostopoulos, I., & Kalloniatis, C. (2007, December). Intelligent modification for the daltonization process of digitized paintings. In *International Conference on Computer Vision Systems: Proceedings (2007)*.
- [9] Jim (2016) Color blindness simulation research, ixora.io. <https://ixora.io/projects/colorblindness/color-blindness-simulation-research>.