

BAB I

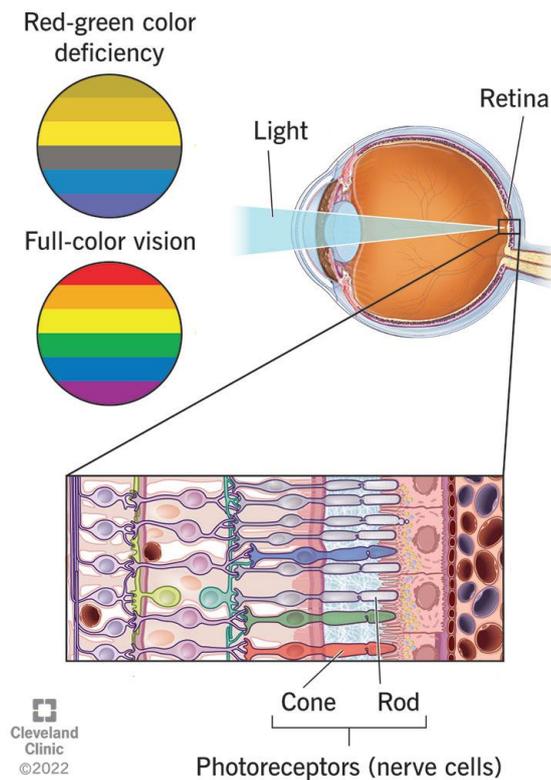
USULAN GAGASAN DAN PEMILIHAN TOPIK

1.1.Deskripsi Umum Masalah dan Kebutuhan

Penglihatan merupakan aspek yang sangat vital dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Mata merupakan alat indra yang terdapat pada manusia yang secara konstan menyesuaikan pada jumlah cahaya yang masuk, memusatkan perhatian pada objek yang dekat dan jauh serta menghasilkan gambaran yang kontinu yang dengan segera di hantarkan pada otak [1]. Warna, secara khusus, memainkan peran penting dalam banyak aspek kehidupan manusia, seperti estetika, komunikasi, dan penyampaian informasi. Di berbagai bidang, seperti desain, pendidikan, dan industri, warna digunakan sebagai alat untuk menyampaikan informasi dengan lebih cepat dan jelas. Penglihatan warna yang normal memungkinkan individu untuk membedakan antara berbagai warna yang ada dalam spektrum cahaya yang diterima mata.

Namun, tidak semua orang dapat memiliki kemampuan untuk melihat atau membedakan warna dengan sempurna. *Color Vision Deficiency* (CVD) atau buta warna adalah kondisi yang mempengaruhi persepsi warna seseorang, di mana penderita mengalami kesulitan dalam membedakan beberapa warna [2]. Lebih dari 300 juta orang di seluruh dunia mengalami kesulitan dalam membedakan warna akibat *Color Vision Deficiency* (CVD) atau buta warna. Sebuah studi terbaru mengungkapkan bahwa sekitar 8,7% pria dan 3,2% wanita mengalami kondisi ini. Bentuk paling umum adalah buta warna merah-hijau, yang memengaruhi sekitar 1 dari 12 pria (8%) dan 1 dari 200 wanita, sedangkan buta warna biru-kuning lebih jarang terjadi, memengaruhi sekitar 1 dari 10.000 pria (0,1%) dan 1 dari 200 wanita (0,05%). [3]. Meskipun tidak mengancam jiwa, kondisi ini memiliki dampak yang signifikan pada aktivitas sehari-hari. Misalnya, penderita CVD mungkin mengalami kesulitan dalam memilih pakaian, membaca peta, atau membedakan kabel berdasarkan warna yang sangat krusial dalam pekerjaan seperti insinyur listrik atau teknisi.

Color Blindness



Gambar 1. 1 Color Blind Eyes

Color Vision Deficiency (CVD) atau buta warna terjadi ketika syaraf reseptor cahaya di retina mata mengalami perubahan, terutama sel kerucut. Sel-sel saraf retina terdiri atas sel batang dan sel kerucut, untuk sel batang peka terhadap hitam dan putih, untuk sel kerucut peka terhadap warna lain selain warna hitam dan putih. Secara umum buta warna dibagi menjadi 2 bagian, yaitu buta warna total dan buta warna parsial, dimana pada buta warna total seseorang hanya melihat semua warna menjadi hitam dan putih saja, sedangkan pada buta warna parsial, seseorang mengalami kesulitan dalam membedakan warna tertentu seperti merah, hijau dan biru, kuning. Buta warna sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu *trikromasi*, *dikromasi* dan *monokromasi* [4]. Yaitu :

1. *Trikromasi*, adalah perubahan sensitivitas dari suatu jenis atau lebih sel kerucut. Ada 3 macamnya yaitu :
 - a. *Protanomali*, kelemahan warna merah. termasuk cacat penglihatan yang ringan.
 - b. *Deuteromali*, kelemahan warna hijau. Cacat yang disebabkan oleh pergeseran direseptor retina hijau.

- c. *Tritanomali*, kelemahan warna biru. Cacat ini adalah jenis yang langka.
2. *Dikromasi*, yaitu cacat penglihatan warna cukup parah, hal ini terjadi karena salah satu dari tiga mekanisme warna dasar tidak ada atau tidak berfungsi. *Dikromasi* terdiri atas 3 macam, yaitu :
 - a. *Protanopia*, yaitu tidak adanya sel kerucut warna merah.
 - b. *Deutanopia*, yaitu tidak adanya sel kerucut yang peka terhadap warna hijau.
 - c. *Tritanopia*, yaitu tidak adanya sel kerucut yang peka terhadap warna biru.
 3. *Monokromasi*, adalah buta warna total yaitu kurangnya kemampuan untuk membedakan warna sehingga orang memandang segala sesuatu itu seolah-olah warna hitam dan putih saja yang disebabkan oleh cacat atau tidak adanya kerucut. *Monokromasi* terjadi ketika dua atau tiga kerucut dan pigmen warna hilang dan cahaya yang terlihat menjadi suatu dimensi. *Monokromasi* dibedakan menjadi dua, yaitu:
 - a. *Monokromasi batang (akromatopsia)*, yakni retina tidak mengandung sel kerucut, sehingga selain tidak adanya perbedaan warna, sangat sulit untuk membedakan warna dalam intensitas penerangan normal.
 - b. *Monokromasi kerucut*, yakni kondisi mata memiliki dua batang dan kerucut, tetapi hanya satu jenis kerucut yang berfungsi. Sebuah kerucut monokromat dapat memiliki pola penglihatan yang baik pada tingkat normal di siang hari, tetapi tidak bisa membedakan warna.

Penyebab buta warna bisa dibedakan menjadi 2 yaitu primer dan sekunder. Buta Warna Primer adalah kondisi yang disebabkan oleh kelainan genetik, di mana individu mewarisi mutasi pada gen yang mengatur pigmen warna dalam sel kerucut di retina. Kondisi ini umumnya diturunkan melalui kromosom X, sehingga lebih umum terjadi pada pria. Penyebab utama meliputi :

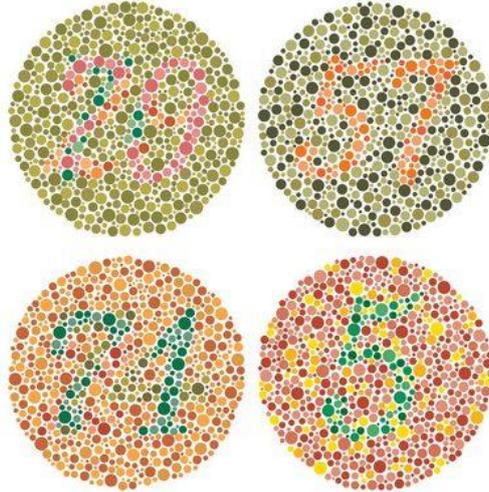
1. *Genetika*: Buta warna primer sering kali diwariskan dari orang tua ke anak. Gen yang mengontrol produksi pigmen warna dalam sel kerucut terletak pada kromosom X. Karena pria memiliki satu kromosom X dan satu kromosom Y, sedangkan wanita memiliki dua kromosom X, pria lebih rentan terhadap buta warna.
2. *Kelainan pada sel kerucut*: Pada individu dengan buta warna primer, sel-sel kerucut yang peka terhadap warna tertentu tidak berfungsi dengan baik atau tidak ada sama sekali. Ini mengakibatkan kesulitan dalam mendeteksi warna-warna tersebut.

3. Penyebab lingkungan: Dalam beberapa kasus, paparan bahan kimia tertentu atau radiasi dapat memengaruhi sel kerucut, meskipun ini lebih jarang dibandingkan dengan penyebab genetik.

Sementara itu, Buta Warna Sekunder muncul sebagai akibat dari kondisi medis atau faktor lingkungan yang mempengaruhi penglihatan. Penyebab utama meliputi:

1. Penyakit Mata: Penyakit yang mempengaruhi retina atau saraf optik dapat menyebabkan buta warna sekunder. Contohnya termasuk:
 - a. Katarak: Kekeruhan pada lensa mata yang dapat mengganggu penglihatan.
 - b. *Retinitis Pigmentosa*: Penyakit degeneratif yang menyebabkan kerusakan pada sel fotoreseptor di retina.
2. Penyakit Sistemik: Kondisi medis seperti diabetes dapat memengaruhi pembuluh darah di retina, yang dapat menyebabkan retinopati diabetik, dan berakibat pada kesulitan dalam mendeteksi warna.
3. Obat-obatan: Beberapa obat memiliki efek samping yang mempengaruhi persepsi warna. Contoh obat yang dapat menyebabkan kondisi ini termasuk obat untuk tekanan darah tinggi dan obat anti-malaria.
4. Cedera Mata atau Trauma: Trauma fisik pada mata atau cedera kepala yang merusak saraf optik dapat menyebabkan buta warna sekunder. Paparan terhadap bahan kimia juga dapat berdampak negatif pada penglihatan warna.
5. Penuaan: Proses penuaan dapat mengakibatkan penurunan kemampuan melihat warna, yang disebabkan oleh perubahan pada lensa mata dan retina.

Tingkat keparahan buta warna parsial dapat dinilai melalui Tes *Ishihara*, yang merupakan metode paling umum digunakan untuk mendeteksi defisiensi penglihatan warna, terutama buta warna merah-hijau. Tes ini terdiri dari serangkaian plate (lembaran) yang memuat titik-titik warna dengan pola atau angka tersembunyi di dalamnya.



Gambar 1. 2 Contoh Tes Ishihara

Plate ini biasanya hadir dalam versi 14 plate (untuk skrining awal) atau versi 38 plate (untuk pengujian lebih mendalam). Pengujian ini dilakukan dengan meminta subjek untuk mengidentifikasi angka atau pola yang tersembunyi di antara titik-titik tersebut. Orang dengan penglihatan warna normal dapat melihat angka atau pola dengan mudah. Sebaliknya, penderita buta warna, baik yang parsial maupun total, akan mengalami kesulitan dalam mengenali angka atau pola ini. Semakin sedikit angka atau pola yang dapat diidentifikasi dengan benar oleh penderita, semakin besar kemungkinan mereka mengalami defisiensi warna yang lebih parah. Jika penderita tidak dapat melihat angka atau pola sama sekali pada plate tertentu, maka mereka dapat didiagnosis mengalami buta warna total. Sedangkan, jika penderita masih dapat melihat sebagian pola, maka mereka dapat diklasifikasikan sebagai penderita buta warna parsial.

Tes *Ishihara* dirancang untuk mendeteksi gangguan penglihatan warna merah-hijau, yaitu *protanopia* (buta terhadap warna merah) dan *deutanopia* (buta terhadap warna hijau). Kedua jenis buta warna ini adalah yang paling umum ditemui. Namun, tes *Ishihara* memiliki keterbatasan karena kurang efektif dalam mendeteksi buta warna jenis lain, seperti *tritanopia* (buta terhadap warna biru-kuning), yang jauh lebih langka. Oleh karena itu, meskipun tes ini cukup andal dalam mendeteksi gangguan merah-hijau, tes tambahan mungkin diperlukan untuk mendeteksi defisiensi warna lainnya.

1.2. Analisa Masalah

1.2.1. Aspek Sosial

- Keterbatasan Aktivitas Sehari-hari: Penderita CVD sering mengalami kesulitan dalam aktivitas seperti memilih pakaian, membaca peta, atau mengenali sinyal warna pada perangkat elektronik. Hal ini dapat mempengaruhi kepercayaan diri dan kemampuan berfungsi mandiri dalam lingkungan sosial.
- Diskriminasi atau Pembatasan Karier: Pekerjaan tertentu seperti teknisi engineer atau pekerjaan yang memerlukan akurasi warna sering kali tidak bisa diakses oleh penderita CVD, sehingga membatasi peluang karier dan mobilitas sosial mereka.

1.2.2. Aspek Ekonomi

- Biaya Solusi yang Mahal: Solusi yang ada seperti kacamata khusus buta warna sangat mahal dan tidak terjangkau bagi semua kalangan, terutama individu dengan keterbatasan ekonomi. Hal ini menciptakan kesenjangan akses terhadap alat bantu yang dibutuhkan.
- Produktivitas yang Menurun: Ketidakmampuan penderita CVD dalam mengidentifikasi warna dengan akurat dalam beberapa profesi dapat menurunkan produktivitas kerja, menyebabkan kesalahan, atau mengharuskan penggunaan sumber daya tambahan untuk membantu mereka, yang pada akhirnya meningkatkan biaya operasional.

1.2.3. Aspek Teknologi

- Kurangnya Inovasi yang Praktis dan Terjangkau: Belum ada inovasi teknologi yang secara efektif mengatasi permasalahan CVD secara real-time, dinamis, dan mudah diakses oleh pengguna. Selain itu, solusi yang ada sering kali tidak fleksibel dalam menyesuaikan kebutuhan pengguna di berbagai situasi.

1.2.4. Aspek Kesehatan

- Dampak pada Kesehatan Mental: Meskipun tidak berbahaya secara fisik, CVD dapat berdampak negatif pada kesehatan mental, seperti menurunkan kualitas hidup dan menyebabkan stres karena ketidakmampuan dalam melakukan tugas-tugas sehari-hari yang tampak sederhana bagi orang lain.
- Potensi Cedera atau Kecelakaan: Dalam konteks pekerjaan tertentu, seperti bekerja dengan kabel berwarna yang berbeda atau mengemudi yang memerlukan identifikasi warna sinyal lalu lintas, penderita CVD lebih rentan terhadap kecelakaan yang berpotensi menyebabkan cedera.

1.2.5. Aspek Pendidikan

- Keterbatasan dalam Pembelajaran Visual: Di lingkungan pendidikan, siswa dengan CVD mungkin mengalami kesulitan memahami materi yang melibatkan warna, seperti peta, grafik, atau eksperimen sains yang memerlukan pengenalan warna, sehingga dapat mempengaruhi pencapaian akademik mereka

1.3. Analisa Solusi yang Ada

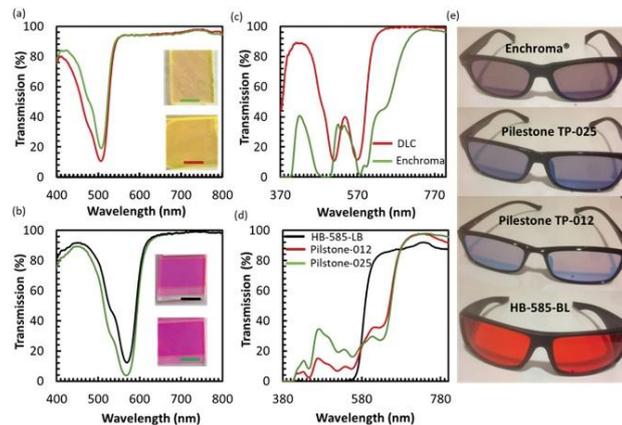
Dalam menghadapi masalah *Colour Vision Deficiency* (CVD), terdapat berbagai solusi yang telah dikembangkan. Meskipun solusi tersebut telah dikembangkan masih terdapat keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan yang perlu dianalisis lebih dalam.

1.3.1. Kacamata Enchroma

Kacamata buta warna, atau lebih dikenal sebagai kacamata korektif untuk *Color Vision Deficiency* (CVD) atau buta warna adalah alat bantu optik yang dirancang untuk membantu individu yang mengalami kesulitan dalam membedakan warna tertentu. Biasanya, orang yang menderita buta warna mengalami kesulitan membedakan warna merah dan hijau, atau biru dan kuning, tergantung pada jenis buta warna yang mereka miliki. Kacamata ini menggunakan lensa berwarna khusus yang bekerja dengan cara menyaring panjang gelombang cahaya tertentu yang menyebabkan kebingungan pada mata pengguna, sehingga warna-warna yang sebelumnya tampak samar dapat menjadi lebih mudah dibedakan.

Salah satu contoh populer adalah kacamata *EnChroma*, yang mengklaim dapat membantu penderita buta warna merah-hijau untuk melihat spektrum warna yang lebih luas. Teknologi di balik kacamata ini didasarkan pada penggunaan filter lensa yang dapat menyaring panjang gelombang yang tumpang tindih pada mata yang mengalami defisiensi penglihatan

warna. Dengan mengurangi panjang gelombang tertentu, kacamata ini meningkatkan kontras antara warna yang sulit dibedakan, seperti merah dan hijau [5].



Gambar 1.3 Kacamata Enchroma

Keunggulan dari kacamata buta warna termasuk peningkatan kemampuan untuk membedakan warna-warna tertentu, yang dapat membantu pengguna dalam aktivitas sehari-hari, seperti membaca sinyal lalu lintas, mengenali warna pakaian, atau bahkan memperbaiki pengalaman visual di luar ruangan. Bagi beberapa orang, kacamata ini juga dapat memberikan peningkatan kualitas hidup dengan memperkaya pengalaman estetika mereka.

Namun, kacamata buta warna memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, kacamata ini tidak menyembuhkan buta warna, tetapi hanya membantu memperbaiki gejala selama kacamata dipakai. Setelah dilepas, pengguna kembali mengalami kesulitan dalam membedakan warna. Selain itu, efek kacamata ini bervariasi antara pengguna; beberapa mungkin merasakan peningkatan signifikan dalam persepsi warna, sementara yang lain hanya mengalami sedikit perbaikan. Selain itu, beberapa kacamata seperti *EnChroma* tidak dirancang untuk membantu mereka yang memiliki kondisi buta warna yang lebih parah, seperti dikromat.

Efek samping dari penggunaan kacamata ini termasuk perubahan dalam persepsi warna yang tidak wajar, seperti warna yang tampak lebih jenuh atau berlebihan. Beberapa pengguna juga melaporkan ketidaknyamanan saat pertama kali memakainya karena otak harus beradaptasi dengan cara baru dalam memproses informasi warna.

1.3.2. Lensa Kontak Buta Warna

Lensa kontak buta warna merupakan salah satu inovasi penting dalam dunia *oftalmologi*, terutama bagi mereka yang mengalami *Color Vision Deficiency* (CVD) atau buta warna. Pada awalnya, lensa kontak lebih dikenal untuk fungsi koreksi penglihatan dan penggunaan estetika. Namun, perkembangan teknologi material telah memungkinkan terciptanya lensa kontak khusus yang dirancang untuk membantu penderita buta warna.

Buta warna sendiri pertama kali dijelaskan pada abad ke-18 oleh John Dalton, seorang ilmuwan Inggris yang juga mengalami buta warna. Dalam perkembangannya, solusi untuk buta warna umumnya berfokus pada penggunaan kacamata dengan filter warna. Namun, lensa kontak untuk buta warna baru dikembangkan beberapa dekade terakhir, terutama setelah pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana mata manusia memproses warna dan jenis-jenis buta warna itu sendiri.



Gambar 1. 4 Lensa Kontak Buta Warna

Lensa kontak untuk buta warna dirancang dengan teknologi yang lebih maju, seperti penggunaan nanopartikel atau zat pewarna khusus untuk menyaring panjang gelombang cahaya yang menyebabkan kebingungan dalam persepsi warna. Misalnya, lensa yang dimuat dengan nanopartikel perak [9] dapat membantu penderita buta warna biru-kuning dengan menyaring panjang gelombang tertentu, yakni antara 485–495 nm. Selain itu, lensa kontak yang menggunakan pewarna seperti Atto 488 dan Atto 565 dapat digunakan untuk menyaring warna yang menimbulkan masalah bagi penderita buta warna merah-hijau.

Lensa kontak ini memiliki keunggulan dibandingkan kacamata, seperti kenyamanan lebih tinggi karena langsung menempel pada mata, serta kemampuan untuk memperbaiki warna tanpa mengubah tampilan wajah penggunanya. Namun, lensa kontak ini juga memiliki

beberapa kekurangan, seperti biaya yang lebih mahal, kebutuhan perawatan yang lebih intensif untuk menjaga kebersihan dan keamanan penggunaannya, dan ada beberapa orang yang memakai lensa kontak yang membuat mata mereka mengalami alergi

1.4. Kesimpulan

Color Vision Deficiency (CVD) atau buta warna merupakan suatu kondisi mata seseorang yang tidak dapat melihat warna sebagaimana semestinya ataupun tidak dapat membedakan warna – warna tertentu saja. Jenis buta warna dapat dibedakan berdasarkan kemampuan penderita untuk melihat warna yaitu buta warna parsial dan juga buta warna total. Permasalahan yang banyak dialami oleh seorang penderita *Color Vision Deficiency* (CVD) atau buta warna yaitu kemampuan untuk membedakan warna pada aktivitas sehari-hari, seperti membedakan warna pakaian, memahami informasi visual berwarna seperti peta, diagram, atau grafik, bahkan mengalami kesulitan dalam dunia kerja yang memerlukan kemampuan untuk mengidentifikasi warna, misalnya dalam bidang teknik dan desain. Permasalahan pada penderita CVD cukup kompleks karena melibatkan variasi jenis buta warna dan juga tingkat keparahannya. Selain itu, setiap penderita CVD mengalami spektrum yang berbeda dalam hal penglihatan warna, dikarenakan setiap penderita CVD memiliki perbedaan dalam melihat warna, solusi yang sama untuk semua orang sering dianggap tidak efektif. Selain itu, mengembangkan alat yang bisa menyesuaikan persepsi warna secara langsung juga sulit, karena mata manusia sangat rumit dalam merespons warna. Dibutuhkan solusi yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan setiap individu, yang membuat pencarian solusi yang tepat menjadi lebih menantang. Meskipun berbagai solusi telah dikembangkan, seperti kacamata EnChroma dan lensa kontak buta warna, masih terdapat keterbatasan dan kekurangan. Misalnya, kacamata EnChroma hanya efektif untuk beberapa jenis buta warna saja dan sering kali tidak membantu pada kondisi cahaya rendah. Selain itu, harga alat ini relatif mahal, dan penggunaannya tidak bisa mengoreksi gangguan secara permanen. Lensa kontak buta warna juga masih memiliki keterbatasan dalam hal kenyamanan dan keefektifan untuk semua jenis buta warna. Hal ini menunjukkan perlunya solusi baru yang lebih komprehensif, terjangkau, dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan.