

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Computer Vision Syndrome (CVS)

2.1.1. Definisi dan Etiologi

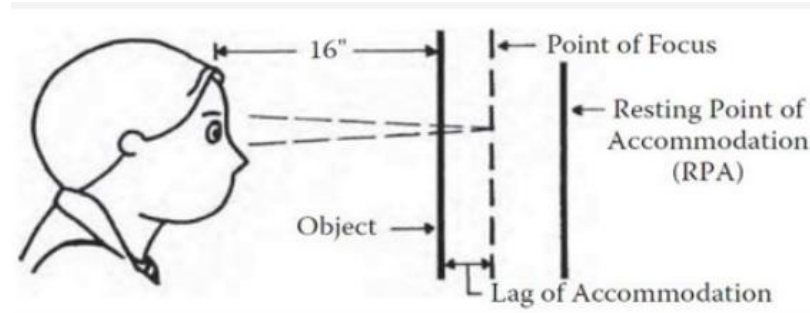
Computer Vision Syndrome (CVS), yang juga dikenal dengan istilah *digital eye strain*, merupakan gangguan kompleks pada fungsi mata dan penglihatan yang sering terjadi akibat penggunaan perangkat komputer dalam durasi yang lama. Berdasarkan penjelasan dari *American Optometric Association*, CVS diklasifikasikan sebagai kondisi gangguan visual yang bersifat multifaktor dan umumnya berkaitan erat dengan aktivitas visual jarak dekat, seperti saat seseorang bekerja di depan layar komputer. (Nopriadi et al., 2019)

Sejalan dengan meningkatnya intensitas penggunaan perangkat teknologi digital, jumlah individu yang mengalami gangguan visual yang termasuk dalam kategori *Computer Vision Syndrome (CVS)* juga menunjukkan tren peningkatan. Gejala yang umum dilaporkan meliputi ketegangan otot mata, rasa lelah pada penglihatan, sensasi panas atau terbakar, iritasi, mata memerah, penglihatan menjadi buram, mata terasa kering, serta berbagai keluhan visual lainnya yang berkaitan dengan penggunaan perangkat elektronik secara berkelanjutan.

2.1.2. Prevalensi Kejadian

CVS telah menjadi salah satu isu penting dalam bidang kesehatan kerja yang kerap muncul pada era modern abad ke-21 (Dessie et al., 2018). Berdasarkan laporan Rosenfield (2011), sekitar 143 juta tenaga kerja di Amerika Serikat diketahui menggunakan komputer secara rutin setiap harinya, dan sebanyak 90% dari mereka mengalami gejala kelelahan visual. Di kawasan Asia, angka kejadian CVS juga tergolong tinggi. Hasil studi di beberapa negara menunjukkan bahwa prevalensi CVS pada pengguna komputer mencapai 67,4% di Sri Lanka, 67% di Hongkong, dan 68,1% di Malaysia, yang menandakan bahwa permasalahan ini bersifat global dan memerlukan perhatian lebih lanjut. Di Indonesia menurut penelitian Wicaksono & Imus (2022), ditemukan bahwa sebanyak 97% responden yang menggunakan komputer mengalami gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS). Menurut Amalia (2018), tingkat kejadian CVS pada pengguna perangkat Visual Display Terminal (VDT) berkisar antara 64% hingga 90%, dengan estimasi jumlah penderita secara global mencapai 60 juta orang, dan setiap tahunnya dilaporkan terjadi penambahan sekitar satu juta kasus baru. Selain itu, individu yang menggunakan komputer lebih dari tiga jam per hari memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk mengalami gangguan penglihatan seperti ketegangan mata dan gejala visual lainnya (Rathore, 2017).

2.1.3. Patofisiologi



Gambar 2.1 Patofisiologi CVS (Alemayehu, 2019)

Proses akomodasi atau pemfokusan mata manusia ketika melihat tampilan visual dari perangkat digital seperti komputer atau gawai ternyata berbeda dengan saat membaca media cetak. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari beberapa aspek, antara lain jarak ideal antara mata dengan objek yang dibaca, sudut pandang yang digunakan, frekuensi kedipan mata saat menatap layar, serta karakteristik visual seperti tampilan dan format teks yang ditampilkan. Selama aktivitas membaca, mata memerlukan proses akomodasi yang optimal serta pelebaran celah kelopak mata (*fissura palpebra*) untuk mempertahankan fokus visual. Sementara itu, tampilan pada perangkat Visual Display Terminal (VDT) tersusun atas kumpulan piksel yang terbentuk dari pancaran sinar elektron yang diarahkan ke lapisan fosfor di bagian belakang layar, sehingga menghasilkan gambar visual yang tampak oleh pengguna. (Alemayehu, 2019)

Kemampuan mata manusia untuk mempertahankan fokus secara terus-menerus menjadi menurun akibat ketidakstabilan pencahayaan pada layar, di

mana bagian tepi piksel cenderung lebih redup sementara bagian tengah tampak lebih terang. Hal ini menyebabkan sistem pemfokusan mata cenderung tertahan di belakang permukaan layar monitor, yang dikenal sebagai fokus gelap (*dark focus*). Akibatnya, mata mengalami kesulitan untuk mempertahankan fokus terhadap seluruh area piksel karena secara refleks akan kembali ke titik relaksasi alami atau *Resting Point of Accommodation* (RPA), yakni jarak istirahat akomodasi mata yang berkisar sekitar 67 cm dari permukaan pandang. (Alemayehu, 2019)

Perangkat *Visual Display Terminal* (VDT) umumnya memiliki jumlah piksel atau raster yang terbatas, sehingga menghasilkan tampilan gambar yang kurang tajam, tidak terlalu jelas, dan memiliki batas tepi yang tidak tegas. Kondisi ini menyebabkan tampilan visual pada layar tampak kabur, yang pada akhirnya menghambat efektivitas mekanisme akomodasi mata. Secara fisiologis, mata akan mengalami perubahan fokus secara dinamis terhadap piksel yang tampak, disertai dengan proses relaksasi yang berulang pada titik istirahat akomodasi atau *Resting Point of Accommodation* (RPA). (Alemayehu, 2019)

Proses adaptasi visual yang berlangsung secara terus-menerus ini melibatkan aktivitas kontraksi dan relaksasi otot-otot okular secara berulang, yang dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan kelelahan pada sistem penglihatan dan berkontribusi terhadap munculnya gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS). (Alemayehu, 2019)

Selain mekanisme akomodasi mata, penggunaan perangkat digital juga memicu respon fisiologis lain, yakni ketidakjelasan tampilan piksel pada layar yang menyebabkan penurunan frekuensi kedipan mata. Akibatnya, kelenjar meibomian yang berperan dalam sekresi lipid tidak terangsang secara optimal, sehingga memperlambat proses pembentukan lapisan tear film. Kondisi ini diperparah oleh posisi kelopak mata (palpebra) yang membuka secara vertikal lebih lebar saat menatap layar, sehingga memperbesar penguapan cairan mata. Kombinasi kedua faktor tersebut menyebabkan gangguan berupa mata kering, yang timbul akibat distribusi lapisan air mata yang tidak merata dan produksi tear film yang menjadi tidak stabil. (Balasopoulou et al., 2017)

Paparan cahaya secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang dapat mengganggu proses sekresi hormon melatonin yang diproduksi oleh melanosit dalam kelenjar pineal. Aktivitas kelenjar ini dipengaruhi oleh keberadaan melanopsin, yaitu suatu pigmen yang terdapat dalam sel ganglion retina, di mana sel tersebut memiliki kepekaan tinggi terhadap panjang gelombang cahaya sekitar 482 nanometer, yang termasuk dalam spektrum cahaya biru. (Balasopoulou et al., 2017)

2.1.4. Gejala Klinis CVS

Berdasarkan penjelasan dari *American Optometric Association (AOA)*, manifestasi klinis yang umum dialami oleh individu dengan *Computer Vision Syndrome (CVS)* mencakup ketegangan pada mata, nyeri kepala, penglihatan

yang menjadi tidak jelas, kekeringan pada bola mata, serta rasa nyeri atau ketidaknyamanan pada area leher dan bahu (Halawa et al., 2022).

- a. Ketegangan pada mata umumnya muncul akibat aktivitas melihat objek dalam jarak dekat secara berkepanjangan. Kondisi ini menuntut sistem penglihatan untuk terus melakukan proses akomodasi tanpa jeda, sehingga berpotensi menyebabkan kelelahan pada otot siliaris serta otot ekstraokular yang bertanggung jawab dalam pengaturan fokus dan gerakan bola mata (Evan, 2023).
- b. Sakit kepala muncul karena kelelahan pada otot mata dan otot tambahan (Evan, 2023).
- c. Penglihatan buram bisa terjadi karena adanya masalah refraktif, pengaruh penuaan yang mengakibatkan penurunan kemampuan mata dalam mempertahankan fokus visual, yang dikenal sebagai presbiopi, dapat diperburuk oleh tampilan monitor yang buram atau tidak optimal, posisi mata yang tidak ergonomis saat menatap layar, serta intensitas cahaya layar yang terlalu tinggi sehingga mengganggu kenyamanan visual (Evan, 2023).
- d. Mata menjadi kering dikarenakan terjadinya kekurangan produksi lapisan air mata pada permukaan mata serta kurangnya frekuensi kedipan mata yang membantu dalam menyebarkan lapisan air mata ke seluruh permukaan mata (Evan, 2023).

- e. Rasa tidak nyaman di daerah leher dan bahu adalah tanda tambahan dari sindrom penglihatan komputer yang muncul sebagai gejala pendamping (Evan, 2023).

2.1.5. Klasifikasi CVS

Manifestasi klinis dari *Computer Vision Syndrome* (CVS) secara umum dikelompokkan ke dalam empat kategori utama, yaitu gejala yang berkaitan dengan kelelahan otot mata (astenopia), gangguan pada lapisan permukaan bola mata, keluhan visual seperti penglihatan kabur, serta kelainan yang melibatkan otot-otot ekstraokular (Alemayehu, 2019). Keluhan astenopia yang dialami oleh individu dengan CVS kerap menjadi faktor pemicu munculnya kondisi dry eye disease, yang sering kali disertai dengan gejala tambahan seperti kelelahan visual (Visual Fatigue), ketegangan pada mata, sensasi nyeri, serta rasa kering pada permukaan bola mata. Sementara itu, pada aspek gangguan visual, penderita umumnya melaporkan penurunan ketajaman penglihatan dan mengalami kesulitan dalam mempertahankan fokus pandangan terhadap objek tertentu (Vaz et al., 2019). Pada gangguan yang berkaitan dengan sistem okular, individu yang mengalami kondisi ini umumnya melaporkan adanya ketegangan pada otot-otot okulomotor, disertai produksi air mata yang berlebihan (epifora), serta munculnya kemerahan pada sklera akibat iritasi atau peradangan ringan (Lema & Anbesu, 2022). Adapun pada gejala ekstraokular, individu yang terdampak umumnya merasakan keluhan berupa ketidaknyamanan atau nyeri muskuloskeletal yang

terlokalisasi pada area bahu, leher, serta punggung bagian atas akibat postur tubuh yang tidak ergonomis selama penggunaan perangkat digital dalam waktu lama (Widia et al., 2021).

2.1.6. Faktor Risiko CVS

Menurut Azkadina (2012) munculnya *Computer Vision Syndrome* (CVS) dipengaruhi oleh berbagai elemen penyebab, yang secara umum diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu faktor personal atau individu, aspek lingkungan, dan karakteristik perangkat komputer yang digunakan. Adapun sejumlah faktor risiko yang memiliki keterkaitan langsung terhadap insidensi CVS dijelaskan sebagai berikut:

1. Faktor Personal atau Individu

a. Jenis Kelamin

Kejadian *Computer Vision Syndrome* (CVS) cenderung lebih sering ditemukan pada kelompok laki-laki dibandingkan dengan perempuan. Laki-laki menunjukkan kecenderungan yang lebih besar untuk mengalami sejumlah keluhan visual seperti mata kemerahan, rasa terbakar atau panas pada area mata, gangguan ketajaman penglihatan, serta kekeringan pada permukaan mata. Sebaliknya, perempuan umumnya lebih rentan terhadap gejala berupa nyeri kepala, ketegangan pada leher, serta rasa sakit pada area bahu (Logaraj et al., 2014). Akan tetapi, berdasarkan temuan studi yang dilakukan oleh Rahman dan Sanip pada tahun 2014,

perempuan dilaporkan memiliki potensi 2,69 kali lebih besar untuk mengalami gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS) jika dibandingkan dengan laki-laki.

b. Usia

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa orang dengan usia lebih dari 40 tahun cenderung memiliki kemungkinan lebih besar mengalami keluhan yang berkaitan dengan *Computer Vision Syndrome* (CVS), hal ini disebabkan oleh perubahan struktural anatomi serta penurunan performa fisiologis tubuh yang terjadi secara alami seiring bertambahnya usia (Das dan Ghosh, 2010).

c. Lama Bekerja dengan Komputer

Hasil penelitian menunjukkan bahwa individu dengan masa kerja berkisar antara enam hingga delapan tahun cenderung mengalami gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS) dalam tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang baru menggunakan komputer selama kurang dari satu tahun, di mana manifestasi gejala yang muncul umumnya masih tergolong ringan atau tidak terlalu mencolok (Akinbinu & Mashalla, 2014).

d. Durasi Paparan Layar Komputer

Menurut hasil studi yang dilakukan oleh Azkadina (2012), durasi paparan terhadap layar komputer memiliki keterkaitan yang bermakna secara statistik dengan peningkatan kasus *Computer*

Vision Syndrome (CVS). Individu yang menghabiskan waktu bekerja di depan komputer selama empat jam atau lebih tanpa jeda diketahui memiliki risiko hingga 3,5 kali lebih besar untuk mengalami gejala CVS dibandingkan dengan mereka yang menggunakan komputer secara berkelanjutan kurang dari empat jam (Baqir Muhammad, 2017)

Dalam studi serupa yang dilakukan oleh Logaraj, Madhupriya dan Hegde (2014) ditemukan bahwa pelajar yang terbiasa menggunakan perangkat komputer selama empat hingga enam jam setiap harinya memiliki kecenderungan yang secara signifikan lebih besar untuk mengalami gejala seperti mata memerah, sensasi terbakar, serta kekeringan pada area mata, jika dibandingkan dengan siswa yang durasi penggunaan komputernya kurang dari empat jam per hari (Baqir Muhammad, 2017).

e. Penggunaan Kacamata

Pemakaian kacamata untuk mengatasi kelainan refraksi turut diidentifikasi sebagai salah satu faktor yang berkontribusi terhadap risiko terjadinya *Computer Vision Syndrome* (CVS). Berdasarkan data dari penelitian yang melibatkan 136 partisipan, sebanyak 19 responden (59,4%) mengalami gangguan berupa penglihatan tidak jelas, 18 orang (56,3%) merasakan ketegangan pada mata saat menggunakan perangkat *Video Display Terminal* (VDT), serta 20

individu (62,5%) melaporkan keluhan berupa sakit kepala. Temuan ini memberikan gambaran bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam gejala astenopia antara pengguna VDT yang memakai kacamata dan mereka yang tidak menggunakannya (Sugarindra & Allamsyah, 2017).

f. Penggunaan Lensa Kontak

Penelitian mengindikasikan bahwa perempuan berusia lanjut yang menggunakan lensa kontak memiliki kecenderungan lebih besar untuk mengalami gejala mata kering dibandingkan dengan individu yang lebih muda dan tidak memakai lensa kontak (Akinbinu & Mashalla, 2014). Hasil ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menyatakan bahwa prevalensi keluhan mata kering lebih tinggi pada mahasiswa yang menggunakan lensa kontak dibandingkan dengan rekan-rekan mereka yang tidak menggunakannya (Logaraj et al., 2014).

g. Jeda atau Lama Istirahat

Melakukan jeda sejenak selama 5 hingga 10 menit setiap satu jam penggunaan komputer dianjurkan guna menjaga kesehatan mata (Akinbinu & Mashalla, 2014), temuan ini selaras dengan hasil studi yang dilakukan di Malaysia, yang menyimpulkan bahwa waktu istirahat setidaknya sepuluh menit dalam setiap jam kerja di

depan layar komputer mampu menurunkan intensitas gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS) (Rahman & Sanip, 2011)

h. Penggunaan Tetes Mata

Salah satu manifestasi yang paling sering dialami oleh individu dengan *Computer Vision Syndrome* (CVS) adalah mata kering. Kondisi ini umumnya dipicu oleh penurunan intensitas kedipan selama aktivitas berkelanjutan di depan layar komputer. Untuk mengatasi masalah tersebut, disarankan penggunaan pelumas mata berupa obat tetes atau air mata buatan guna menjaga kelembapan permukaan mata (Sugarindra & Allamsyah, 2017).

i. Riwayat Penyakit

Berbagai kondisi medis dapat menyebabkan berkurangnya sekresi air mata, antara lain diabetes melitus, tekanan darah tinggi, sindrom Sjogren, obstruksi pada kelenjar lakrimal, peradangan sendi (arthritis), serta cedera yang memengaruhi saraf trigeminal atau fasialis, yang semuanya dapat menghambat proses normal keluarnya air mata. Di sisi lain, terdapat pula gangguan yang memicu peningkatan penguapan lapisan air mata, seperti disfungsi kelenjar Meibomian, konjungtivitis akibat alergi, kekurangan asupan vitamin A, serta gangguan tiroid. Seluruh kondisi tersebut secara signifikan dapat memperburuk keluhan mata kering,

khususnya pada individu yang banyak beraktivitas di depan layar komputer (Rosenfield, 2011;Akinbinu & Mashalla, 2014).

j. Refleks Berkedip

Keluhan mata kering yang merupakan salah satu tanda dari *Computer Vision Syndrome* (CVS) memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan kondisi sindrom mata kering yang umumnya dijumpai pada populasi lanjut usia. Penelitian telah menunjukkan bahwa frekuensi berkedip dapat menurun hingga 60% pada individu yang menghabiskan waktu lama di depan layar komputer. Penurunan intensitas kedipan ini berdampak pada terganggunya penyebaran lapisan air mata secara merata di permukaan mata, yang pada akhirnya menimbulkan tekanan pada kornea dan memicu munculnya gejala mata kering (Baqir Muhammad, 2017).

2. Faktor Lingkungan

a. Pencahayaan Ruangan

Umumnya, area kerja yang dilengkapi dengan perangkat Visual Display Terminal (VDT) atau layar komputer cenderung menggunakan tingkat pencahayaan yang tinggi. Tingkat penerangan yang berlebihan ini dapat menimbulkan efek silau pada penglihatan, yang pada akhirnya mengganggu konsentrasi visual

dan menurunkan ketajaman fokus mata terhadap tampilan di layar (Logaraj et al., 2013).

b. Kelembapan Udara Ruangan

Penurunan tingkat kelembapan udara secara signifikan berpotensi menurunkan intensitas kedipan mata, yang pada gilirannya dapat memicu gangguan kesehatan, termasuk iritasi pada mata seperti kekeringan, serta kemungkinan memengaruhi fungsi sistem kardiovaskular (Richard Cabrera III et al., 2010).

c. Suhu Udara Ruangan

Sebagaimana halnya tingkat kelembapan yang rendah, temperatur udara yang dingin juga berpotensi mengakibatkan penurunan jumlah kedipan mata secara alami (Richard Cabrera III et al., 2010).

3. Faktor Komputer

a. Sudut penglihatan

American Optometric Association (AOA) merekomendasikan agar posisi penggunaan komputer dijaga tetap berada di bawah garis horizontal pandangan mata. Idealnya, layar monitor ditempatkan dengan kemiringan sekitar 15 hingga 20 derajat di bawah garis sejajar dengan mata guna mengurangi ketegangan visual (AOA, 2023)

b. Jarak Pandang Mata terhadap Komputer

Studi yang dilakukan oleh Logaraj mengungkapkan bahwa individu yang menggunakan komputer pada jarak pandang kurang dari 50 sentimeter menunjukkan kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami *Computer Vision Syndrome* (CVS), serta lebih rentan terhadap gangguan penglihatan seperti mata buram. Sementara itu, hasil penelitian oleh Kanithkar mengindikasikan bahwa semakin besar jarak antara mata dan layar monitor—yakni sekitar 90 hingga 100 sentimeter—maka jumlah keluhan terkait gejala CVS yang dirasakan peserta penelitian cenderung menurun. Oleh karena itu, secara umum disarankan agar posisi layar komputer idealnya berada dalam rentang 20 hingga 40 inci (sekitar 50 hingga 100 cm) dari mata pengguna, guna meminimalisir tekanan visual (Logaraj et al., 2013).

c. Cahaya Biru Komputer

Hasil studi yang dipublikasikan oleh Sheppard & Wolffsohn (2018) mengungkapkan bahwa terpaaan cahaya biru dalam jangka waktu panjang secara terus-menerus berisiko menimbulkan kerusakan pada lapisan retina, serta berkontribusi signifikan sebagai faktor pemicu utama timbulnya gejala mata kering.

2.1.7. Penegakan Diagnosis CVS

Menurut AOA, CVS dapat ditegakkan diagnosisnya melalui :

- a. Catatan medis pasien dilakukan untuk mengidentifikasi tanda-tanda yang dirasakan oleh pasien, adanya masalah kesehatan lainnya, obat-obatan yang dikonsumsi, atau faktor lingkungan yang mempengaruhi timbulnya gejala yang terkait dengan penggunaan computer (AOA, 2023).
- b. Pengukuran keakuratan penglihatan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana kemampuan penglihatan terpengaruh (AOA, 2023).
- c. Penglihatan seseorang. Pengukuran refraksi bertujuan untuk menentukan kekuatan lensa yang akan digunakan untuk memperbaiki gangguan penglihatan (AOA, 2023).
- d. Menjalankan tes konsentrasi dan pergerakan mata secara simultan. Tes ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah mata masih mampu memusatkan perhatian dan bergerak secara bersamaan untuk mencapai gambaran yang tajam dari objek yang diamati (AOA, 2023).

Suatu metode untuk menilai CVS adalah dengan menanyakan pertanyaan atau menggunakan formulir penilaian. Dalam dekade terakhir, formulir penilaian yang digunakan untuk mengevaluasi CVS telah diperbaharui beberapa kali (Gonzalez-Perez et al., 2018). Kuesioner yang dikenal sebagai *Computer-related Visual and Ocular Symptoms (CVROS)* hanya dapat diterapkan pada kelompok orang yang seragam. Kuesioner tersebut telah berkembang menjadi *The Computer Vision Syndrome Scale*

(CVSS17) yang dapat digunakan pada kelompok yang beragam (Gonzalez-Perez et al., 2014).

Skala Penilaian *Computer Vision Syndrome* (CVSS17) terdiri dari 17 item pertanyaan yang telah melalui proses uji validitas dan reliabilitas, sehingga layak digunakan sebagai instrumen pengukuran yang terpercaya dan sah (Gonzalez-Perez et al., 2014). Instrumen ini mencakup total 15 gejala utama yang berkaitan dengan CVS, di antaranya adalah gangguan penglihatan seperti pandangan buram, kelelahan pada mata, sensasi nyeri, peningkatan intensitas kedipan, ketegangan otot mata, perasaan mata juling, visualisasi ganda, kepekaan terhadap cahaya (fotofobia), mata berair, mata memerah, serta kekeringan pada area okular. Alat ukur ini terbukti memiliki tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi, yakni di atas 70% (Gathan, 2022). Untuk memperoleh nilai total, dapat digunakan rumus perhitungan yang telah ditetapkan sebagai berikut:

$$\text{CVSS17 Skor} = \frac{\text{Jumlah skor} \times 17}{\text{Jumlah pertanyaan yang dijawab}}$$

Item Id.	Response Option						
	1	2	3	4	5	6	7
A2	1	1	2	2	3	3	
A4	1	1	2	2	3	3	3
A9	1	2	3	4			
A17	1	2	3	4			
A20	1	2	3	4			
A21	1	2	3	3			
A22	1	1	2	2	3	3	
A28	1	2	3	3			
A30	1	1	1	2	2	2	
A32	1	2	3	4			
A33	1	2	2	3	3	3	
B7	1	1	2	2	2	2	
B8	1	1	2	2	3	3	
C16	1	1	2	3			
C21	1	1	2	3			
C23	1	1	2	3			
C24	1	1	2	3			

Item descriptor	Component	
	1	2
A32. Did your eyes sting?	0.80	0.21
A21. Did your eyes burn?	0.78	0.15
A9. Did your eyes hurt?	0.74	0.22
A17. After working on the computer for a while did your eyes become heavy?	0.71	0.30
A4. Did your eyes become tired?	0.68	0.34
C16. At the end of my working day, my eyes feel heavy	0.67	0.21
B8. Eye redness	0.63	0.34
A20. Did you have to blink more than usual?	0.59	0.38
C23. While I'm working, I have to close my eyes to relieve eye dryness	0.56	0.36
B7. Watery Eyes	0.53	0.24
A33. After working on the computer for a while did lights bother you?	0.48	0.54
<i>C21. After working at the computer, I have to strain to see well</i>	0.37	0.72
<i>A2. Did the letters on the screen become blurry?</i>	0.33	0.73
<i>A22. Did you have to strain to see well?</i>	0.30	0.67
<i>A30. Did the letters appear double?</i>	0.25	0.73
<i>C24. After some time at the computer, lights bother me</i>	0.24	0.57
<i>A28. Did you feel like you were crossing your eyes?</i>	0.08	0.68

Extraction method was principal-component factors and rotation method was Varimax with kaiser normalization. The two columns on the right shows each component's loading and items are displayed on the left column, ordered by component 1 loading. Items with factor 1's loading are highlighted in bold and those with factor 2's loading over 0.5 are in cursive

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202173.t004>

Gambar 2.2 Nilai kuesioner dan kuesioner (Gonzalez-Perez, 2018)

Data hasil pengukuran dari CVSS17 disajikan dalam bentuk tingkatan, di mana skala ini mengkategorikan kondisi berdasarkan lima klasifikasi keparahan yang berbeda satu sama lain (Gonzalez-Perez et al., 2018).

2.2. Cahaya Biru

2.2.1. Definisi

Cahaya biru merupakan salah satu komponen dalam spektrum cahaya yang dapat terlihat oleh mata manusia, dengan karakteristik panjang gelombang yang berkisar antara 400 sampai 500 nanometer (nm) (Ouyang et al., 2020). Cahaya biru dipancarkan oleh berbagai sumber alami dan buatan. Sumber utama cahaya biru alami adalah matahari. Namun, dalam dekade terakhir, sumber cahaya biru buatan telah meningkat secara signifikan, terutama dengan munculnya perangkat digital seperti smartphone, tablet, komputer, dan televisi LED (Cougnard-Gregoire et al., 2023).

Cahaya biru termasuk dalam jenis cahaya dengan gelombang pendek dan mengandung energi yang lebih besar dibandingkan warna lainnya dalam spektrum cahaya tampak. Meskipun cahaya ini masih dapat ditangkap oleh indera penglihatan manusia, sifatnya yang tergolong sebagai *High-Energy Visible* (HEV) Light menjadikannya berpotensi menimbulkan gangguan pada kesehatan mata apabila terjadi paparan secara terus-menerus dalam durasi waktu yang lama (Setyawan, 2024).

Karena kornea serta lensa mata tidak memiliki kemampuan untuk menyaring maupun memantulkan paparan cahaya biru, maka cahaya ini dapat langsung menembus hingga ke bagian makula, yang berisiko menyebabkan kerusakan pada sel-sel mata. Jika paparan terhadap cahaya biru berlangsung dalam waktu yang lama, maka hal ini dapat merangsang fotoreseptor di retina untuk menghasilkan senyawa berbahaya yang dapat mengancam kesehatan mata (Livanos et al., 2022).

Berdasarkan temuan dari penelitian sebelumnya, paparan cahaya biru yang dipancarkan oleh layar jenis OLED berkontribusi terhadap gangguan pada permukaan mata dan menimbulkan rasa tidak nyaman secara visual. Kondisi ini berkaitan erat dengan karakteristik tampilan visual dari monitor tersebut, yang memancarkan cahaya biru pada kisaran panjang gelombang antara 450 hingga 470 nanometer. Panjang gelombang ini diketahui dapat merusak stabilitas lapisan film air mata (*tear film*), sehingga mengganggu kesehatan mata secara keseluruhan (Yuan et al,2021)

2.2.2. Dampak Cahaya Biru

1. Gangguan pada Mata

Terlalu sering terpapar sinar biru dapat memicu kelelahan visual, menurunnya kelembaban mata, bahkan berisiko menyebabkan kerusakan permanen pada jaringan retina jika berlangsung dalam jangka panjang. Gelombang cahaya biru yang memiliki tingkat energi tinggi mampu menembus hingga bagian terdalam mata, yaitu retina, dan dapat menimbulkan stres oksidatif serta mengakibatkan kerusakan pada sel-sel fotoreseptor (Tosini et al., 2016). Paparan yang berkelanjutan terhadap cahaya ini juga diyakini sebagai salah satu faktor yang mempercepat proses degenerasi makula, khususnya pada individu usia lanjut (Algvere et al., 2006).

2. Gangguan Tidur

Sinar biru diketahui dapat menghambat pelepasan hormon melatonin, yakni zat alami yang berperan penting dalam mengatur siklus tidur seseorang. Ketika seseorang menggunakan perangkat elektronik seperti ponsel atau laptop menjelang waktu tidur, maka kemungkinan besar akan mengalami keterlambatan dalam waktu tertidur serta penurunan kualitas istirahat malam. Kondisi ini terjadi karena eksposur terhadap cahaya biru menyebabkan gangguan pada ritme sirkadian tubuh, yaitu sistem biologis yang mengatur pola tidur dan bangun secara alami (Chang et al., 2015).

3. Gangguan Pada Kulit

Sejumlah studi ilmiah mengindikasikan bahwa terpapar sinar biru secara berkepanjangan dapat memicu proses penuaan kulit yang terjadi lebih cepat dari seharusnya, serta menimbulkan kerusakan pada jaringan kulit. Paparan cahaya tersebut terbukti mampu meningkatkan pembentukan radikal bebas secara berlebihan, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap struktur kolagen dan elastin—dua komponen penting yang menjaga kekenyalan dan kekuatan kulit (Arjmandi et al., 2018).

2.2.3. Alat Ukur Cahaya Biru

Untuk mengukur intensitas cahaya biru, beberapa alat yang dapat digunakan antara lain:

1. Lux Meter

Lux meter merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengukur tingkat pencahayaan atau intensitas cahaya secara keseluruhan dalam suatu area. Beberapa jenis alat ini bahkan dilengkapi dengan filter optik khusus yang memungkinkan pengukuran terhadap panjang gelombang cahaya tertentu, termasuk spektrum cahaya biru (CIE, 2011).

2. Spectrometer

Spectrometer adalah alat yang dapat mengukur spektrum cahaya secara detail, termasuk panjang gelombang cahaya biru. Alat ini sering digunakan

dalam penelitian untuk menganalisis komposisi cahaya (ISO/CIE 11664-1:2019).

3. **Blue Light Meter**

Blue light meter adalah alat khusus yang dirancang untuk mengukur intensitas cahaya biru. Alat ini sering digunakan di industri untuk memastikan keamanan perangkat elektronik (Porter, 2020).

2.2.4. **Pencegahan Cahaya Biru**

Untuk mengurangi intensitas cahaya biru, beberapa strategi yang memungkinkan untuk dijalankan mencakup:

1. **Filter Cahaya Biru**

Banyak perangkat elektronik modern dilengkapi dengan fitur "blue light filter" atau "night mode" yang mengurangi emisi cahaya biru. Fitur ini sebaiknya diaktifkan, khususnya ketika perangkat elektronik digunakan pada malam hari (Sheppard & Wolffsohn, 2018).

2. **Kacamata Anti-Cahaya Biru**

Kacamata dengan lensa khusus dapat memblokir cahaya biru yang dipancarkan oleh layar gadget. Penelitian oleh Rosenfield et al. (2020) menunjukkan bahwa kacamata anti-cahaya biru dapat mengurangi gejala kelelahan mata dan meningkatkan kualitas tidur.

3. **Pencahayaan Ruangan**

Pastikan intensitas cahaya dalam ruangan berada pada tingkat yang seimbang, tidak terlalu menyilaukan maupun terlalu temaram. Disarankan

menggunakan pencahayaan berwarna hangat guna meminimalkan perbedaan kontras yang tajam antara tampilan layar dan suasana di sekelilingnya (CIE, 2011).

4. Istirahatkan Mata

Terapkan prinsip 20-20-20, di mana setiap dua puluh menit sekali, pandangan sebaiknya dialihkan ke suatu benda yang berada sejauh kurang lebih enam meter (setara 20 kaki) selama kurang lebih dua puluh detik. Cara ini efektif dalam meredakan tekanan serta ketegangan pada otot mata akibat penggunaan layar secara terus-menerus (American Optometric Association, 2021).

5. Screen Protector

Beberapa screen protector dirancang khusus untuk mengurangi emisi cahaya biru dari layar perangkat elektronik (Sheppard & Wolffsohn, 2018).

6. Kurangi Penggunaan Gadget Sebelum Tidur

Hindari pemakaian gawai setidaknya 1-2 jam sebelum tidur untuk memastikan produksi melatonin tidak terganggu (Chang et al., 2015).

2.3. Pengaruh Cahaya Biru terhadap CVS

Mahasiswa fakultas kedokteran seringkali memiliki pola dan kebiasaan yang belajar yang berbeda dari kebanyakan mahasiswa fakultas lain, hal ini dipengaruhi oleh tuntutan akademis dan kebutuhan untuk mengakses informasi. Pada saat ini akses bahan bacaan, jurnal dan buku mayoritas diakses menggunakan gawai (gadget). Rata-rata, mahasiswa kedokteran menghabiskan

waktu didepan layar >4 jam perhari didepan layar komputer atau perangkat digital lainnya. Penggunaan layar ini akan meningkat terutama ketika mengerjakan tugas yang memerlukan penelitian lebih mendalam atau menjelang ujian, ketika mereka harus melakukan studi lebih intensif dibandingkan biasanya (Sahu et al., 2024).

Namun paparan layar terus menerus akan menimbulkan risiko terhadap timbulnya gangguan penglihatan. Paparan cahaya biru dari perangkat elektronik, seperti komputer berpengaruh signifikan terhadap CVS. Menurut Livanos et al., cahaya biru yang termasuk dalam *HEV-Light* dapat menembus hingga retina, memengaruhi :

1. Sel-sel fotoreseptor yang terletak di area makula memiliki kemampuan untuk memproduksi senyawa Reactive Oxygen Species (ROS), yaitu molekul reaktif yang dapat memicu terjadinya tekanan oksidatif pada jaringan retina
2. Siklus Sirkadian yang akan menekan melatonin mengganggu kualitas tidur dan memperberat kelelahan mata
3. Refleks Kedipan yang dipengaruhi oleh cahaya biru (normal 15-20x/menit, saat scren time turun hingga 5x/menit) menyebabkan mata kering.

CVS ialah beberapa keluhan kelelahan pada indra penglihatan yang sering muncul karena penggunaan komputer atau laptop (Ardiansyah, 2016). Keluhan-keluhan yang muncul akibat gangguan ini dapat dikelompokkan ke

dalam empat jenis utama. Pertama, gejala astenopia, yang mencakup rasa letih pada mata, ketegangan otot mata, sensasi nyeri, mata terasa kering, hingga sakit kepala. Kedua, keluhan pada permukaan mata, seperti mata yang mudah berair, perasaan perih atau iritasi, serta ketidaknyamanan akibat pemakaian lensa kontak. Ketiga, gangguan visual, yang meliputi penglihatan tidak jelas, munculnya bayangan ganda, serta kesulitan dalam mempertajam fokus pandangan. Terakhir, gejala ekstraokular, yaitu rasa nyeri atau pegal yang dirasakan pada bagian tubuh lain seperti bahu, leher, dan punggung (Mughtar & Sahara, 2016).

