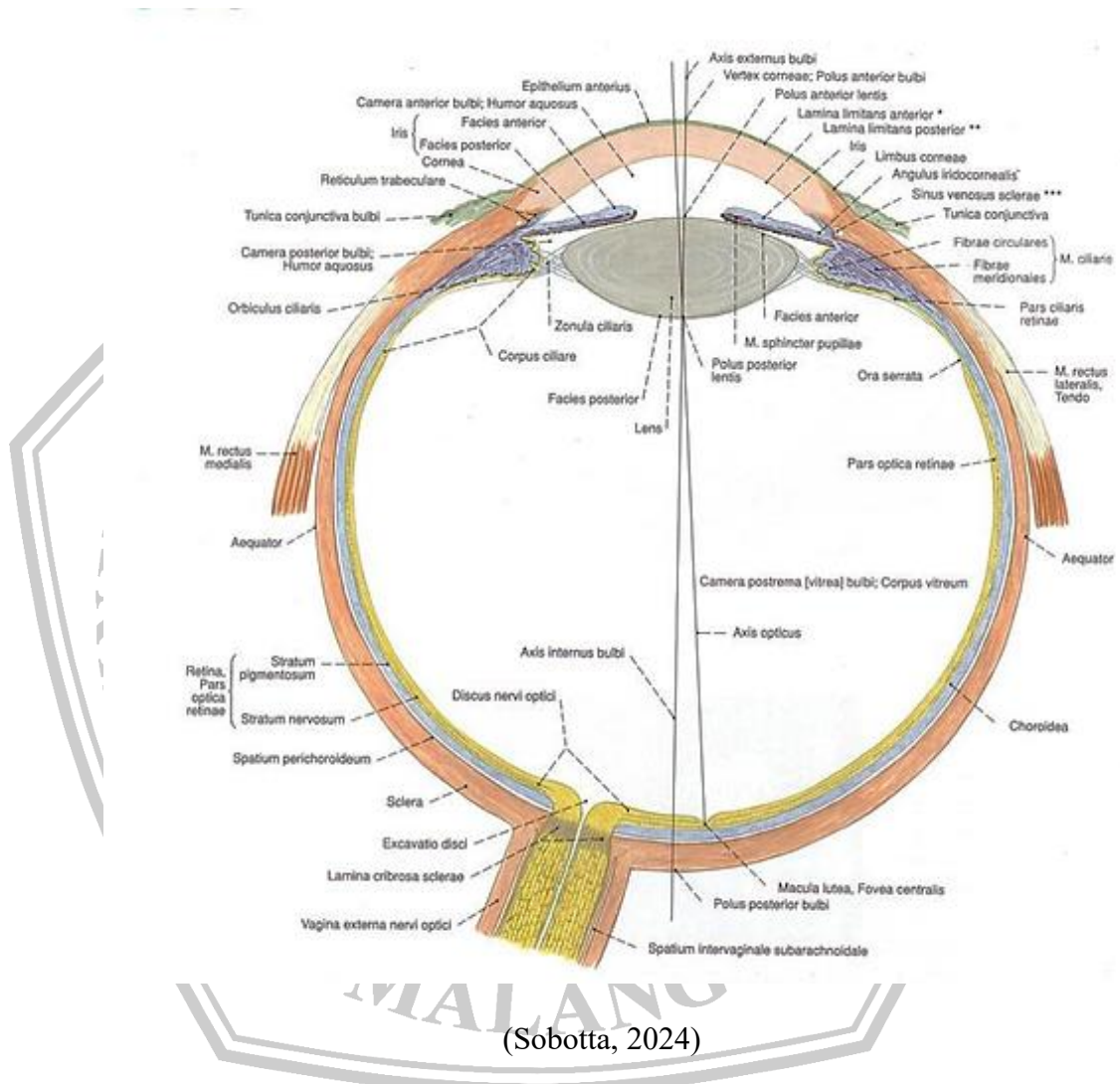


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mata

2.1.1 Anatomi dan Histologi Mata



Gambar 2.1 Anatomi Mata

Mata manusia adalah organ yang kompleks dan berfungsi sebagai indera penglihatan utama. Secara anatomi, bola mata tersusun atas tiga lapisan utama yang memiliki fungsi spesifik dalam proses visual. Lapisan

terluar disebut tunika fibrosa, yang terdiri dari kornea di bagian anterior dan sklera di bagian posterior.

2.1.1.1 Tunika Fibrosa

Tunika fibrosa merupakan lapisan terluar dari bola mata yang berfungsi sebagai pelindung dan pemberi bentuk mata. Lapisan ini terdiri dari sklera dan kornea, dua struktur berbeda yang bekerja sama dalam mempertahankan integritas bola mata serta mendukung proses penglihatan (Wandini et al., 2024). Sklera, yang sering disebut sebagai "bagian putih mata," adalah jaringan ikat padat yang kaya akan serat kolagen dan elastin. Struktur ini melapisi sekitar 80% bagian posterior bola mata, memberikan perlindungan terhadap tekanan intraokular dan menjadi tempat perlekatan bagi otot-otot ekstraokular yang bertanggung jawab atas pergerakan mata. Histologisnya menunjukkan lapisan serat kolagen yang tersusun tidak beraturan, memberikan kekuatan dan fleksibilitas yang diperlukan dalam menjaga bentuk bola mata (Cinthiadewi et al., 2023).

Di bagian anterior bola mata, kornea merupakan struktur transparan yang memungkinkan cahaya masuk ke dalam mata serta memainkan peran penting dalam proses pembiasan cahaya (Soesilawati, 2020). Kornea terdiri dari lima lapisan utama, yaitu epitel kornea, membran Bowman, stroma, membran Descemet, dan endotel kornea. Epitel kornea tersusun atas sel-sel epitel berlapis gepeng tidak bertanduk yang memiliki kemampuan regenerasi tinggi. Stroma kornea, yang merupakan lapisan paling tebal, mengandung serat kolagen yang

tersusun sejajar, memungkinkan transparansi kornea (Wandini et al., 2024).

2.1.1.2 Tunika Vaskulosa (Uvea)

Lapisan tengah bola mata, yang dikenal sebagai tunika vaskulosa atau uvea, terdiri dari koroid, badan siliaris, dan iris. Lapisan ini memiliki peran utama dalam suplai darah serta pengaturan proses akomodasi mata (Cinthiadewi et al., 2023). Koroid adalah jaringan vaskular yang terletak di antara sklera dan retina. Struktur ini berfungsi sebagai sumber utama oksigen dan nutrisi bagi lapisan luar retina (Soesilawati, 2020). Selain itu, koroid mengandung pigmen melanin yang berfungsi dalam menyerap cahaya berlebih untuk mencegah refleksi internal yang dapat mengganggu ketajaman visual (Wandini et al., 2024).

Terletak di bagian anterior koroid, badan siliaris terdiri dari dua bagian utama, yaitu pars plicata, yang mengandung prosesus siliaris untuk produksi humor aqueous, serta pars plana, bagian posterior yang lebih rata (Cinthiadewi et al., 2023). Iris, sebagai bagian yang memberikan warna pada mata, berfungsi dalam pengaturan jumlah cahaya yang masuk ke mata melalui pupil. Iris terdiri dari dua jenis otot utama, yaitu m. sfingter pupil, yang menyebabkan kontraksi pupil dalam kondisi cahaya terang, dan m. dilatator pupil, yang melebarkan pupil saat cahaya redup (Soesilawati, 2020). Histologinya menunjukkan lapisan epitel berpigmen yang mengandung melanin

dalam jumlah bervariasi, menentukan warna mata seseorang (Wandini et al., 2024).

2.1.1.3 Tunika Nervosa (Retina)

Lapisan terdalam dari dinding bola mata adalah tunika nervosa, yang lebih dikenal sebagai retina. Retina adalah jaringan saraf yang bertanggung jawab dalam menangkap cahaya dan mengubahnya menjadi impuls listrik yang dikirim ke otak melalui nervus optikus (Cinthiadewi et al., 2023).

Retina terdiri dari sepuluh lapisan histologis, yang secara fungsional dapat dikategorikan menjadi tiga lapisan utama: lapisan sel fotoreseptor, lapisan sel bipolar, dan lapisan sel ganglion (Wandini et al., 2024). Lapisan sel fotoreseptor mengandung sel batang (rod cells) dan sel kerucut (cone cells). Sel batang sangat sensitif terhadap cahaya rendah dan berperan dalam penglihatan (skotopik), sedangkan sel kerucut bertanggung jawab atas persepsi warna dan penglihatan dalam kondisi terang (fotopik) (Soesilawati, 2020). Lapisan sel bipolar bertindak sebagai penghubung antara fotoreseptor dan sel ganglion. Sel bipolar menerima sinyal dari fotoreseptor dan meneruskannya ke lapisan sel ganglion, yang terdiri dari neuron-neuron besar yang aksonnya membentuk nervus optikus (Cinthiadewi et al., 2023).

2.1.2 Fisiologi Mata

Mata secara optik dapat disamakan dengan sebuah kamera fotografi biasa. Agar dapat melihat, mata harus menangkap pola pencahayaan di lingkungan sebagai "gambar/bayangan" di suatu lapisan

sel peka sinar, retina, seperti kamera nondigital menangkap bayangan pada film. (Sherwood, 2014). Proses ini diawali dengan masuknya cahaya melalui kornea, yang memiliki daya bias terbesar dalam sistem optik mata. Setelah melewati humor aqueous, cahaya mencapai lensa, yang berperan dalam mekanisme akomodasi. Lensa mengubah bentuknya melalui kerja otot siliaris, memungkinkan fokus pada objek dengan jarak berbeda. Setelah dibiarkan, cahaya melewati humor vitreus sebelum mencapai retina, tempat konversi cahaya menjadi sinyal saraf terjadi (Wang et al., 2022; Glasser & Kaufman, 2020).

Di retina, sel batang berfungsi dalam kondisi cahaya redup, sementara sel kerucut bertanggung jawab atas penglihatan warna. Pigmen visual seperti rhodopsin menyerap cahaya, memicu perubahan kimia yang mengurangi pelepasan glutamat, dan menghasilkan impuls listrik. Impuls ini kemudian diteruskan melalui nervus optikus ke kiasma optikum, di mana sebagian serabut saraf menyilang untuk memungkinkan pengolahan visual dari kedua mata secara terintegrasi. Dari kiasma optikum, sinyal menuju corpus geniculatum laterale (CGL) di talamus sebelum akhirnya mencapai korteks visual primer di lobus oksipital, tempat interpretasi visual terjadi (Schmidt et al., 2023; Dacey et al., 2022).

Mata memiliki kemampuan beradaptasi terhadap perubahan intensitas cahaya melalui refleks pupil, yang dikendalikan oleh sistem saraf autonom. Pada kondisi terang, otot sfingter pupil berkontraksi untuk menyempitkan pupil, sedangkan pada kondisi gelap, otot dilatator pupil bekerja untuk melebarkan pupil. Selain itu, penglihatan warna terjadi

melalui tiga jenis sel kerucut yang sensitif terhadap panjang gelombang cahaya merah, hijau, dan biru (Schmidt et al., 2023).

Koordinasi penglihatan juga didukung oleh gerakan mata, yang dikendalikan oleh otot ekstraokular dan dipersarafi oleh nervus okulomotorius (CN III), nervus troklearis (CN IV), dan nervus abduzens (CN VI). Gerakan ini memungkinkan mata untuk mengikuti objek secara halus atau melakukan perubahan fokus secara cepat (Dacey et al., 2022).

2.2 Asthenopia

2.2.1 Definisi Asthenopia

Asthenopia, atau yang dikenal sebagai kelelahan visual, adalah kondisi di mana mata mengalami ketegangan akibat penggunaan berlebihan, terutama saat berfokus pada objek dekat dalam jangka waktu lama. Gejala yang sering muncul antara lain mata terasa lelah, nyeri, kering, penglihatan kabur, serta sakit kepala. Kondisi ini semakin umum di era digital akibat penggunaan perangkat elektronik dalam durasi yang panjang (Wang et al., 2021).

2.2.2 Epidemiologi Asthenopia

Secara epidemiologi, asthenopia menjadi masalah kesehatan global yang sering terjadi pada individu yang banyak menggunakan layar komputer atau gadget. Di dunia, prevalensinya berkisar antara 50–90%, terutama pada pekerja kantoran dan pelajar (Sheppard & Wolffsohn, 2018). Sebuah studi oleh Refayanti pada tahun 2022 menunjukkan bahwa prevalensi asthenopia pada mahasiswa Program Studi Sarjana Kedokteran

Fakultas Kedokteran Universitas Udayana angkatan 2018 mencapai 98,18%, dengan sebagian besar mengalami gejala ringan.

2.2.3 Etiologi Asthenopia

Asthenopia memiliki berbagai penyebab. Faktor utama adalah penggunaan perangkat digital yang berlebihan, menyebabkan peningkatan kerja otot mata dalam mempertahankan fokus. Selain itu, pencahayaan yang tidak optimal, baik terlalu terang maupun redup, dapat membuat mata bekerja lebih keras. Kelainan refraksi yang tidak terkoreksi, seperti miopia, hipermetropia, dan astigmatisma, juga dapat menyebabkan ketegangan mata. Postur tubuh yang tidak ergonomis saat membaca atau bekerja turut berkontribusi terhadap kondisi ini (Rosenfield, 2019).

2.2.4 Gejala Klinis

Gejala klinis asthenopia dapat bervariasi, tetapi yang paling sering dilaporkan adalah kelelahan visual, penglihatan buram, sakit kepala, dan nyeri di sekitar mata. Beberapa pasien juga mengalami peningkatan sensitivitas terhadap cahaya, kesulitan dalam memfokuskan pandangan, serta nyeri pada leher dan bahu akibat ketegangan otot yang menyertai kelelahan visual (Shin et al., 2020).

2.2.5 Faktor Risiko

Faktor risiko utama yang meningkatkan kemungkinan terjadinya asthenopia meliputi durasi penggunaan layar yang berkepanjangan, pencahayaan lingkungan yang tidak memadai, serta usia yang lebih tua, di mana kemampuan akomodasi mata mulai menurun. Individu dengan

kelainan refraksi yang tidak dikoreksi juga lebih rentan mengalami kelelahan visual. Selain itu, postur kerja yang tidak ergonomis, seperti posisi duduk yang buruk dan jarak pandang yang tidak sesuai, turut meningkatkan risiko terjadinya kondisi ini (Sheppard & Wolffsohn, 2018).

Ketegangan otot siliaris mata dapat disebabkan oleh beberapa faktor risiko. Salah satunya adalah penggunaan perangkat digital yang berlebihan, yang memaksa otot mata bekerja terus-menerus, meningkatkan ketegangan mata dan risiko astenopia (Putri et al., 2022). Selain itu, aktivitas jarak dekat yang berkepanjangan dapat menyebabkan akomodasi otot siliaris yang berlebihan, meningkatkan risiko miopia (Primadiani & Rahmi, 2017). Postur tubuh yang tidak ergonomis saat bekerja juga dapat menyebabkan ketegangan pada otot mata, leher, bahu, dan punggung, yang berkontribusi pada kelelahan visual (Sukmayanti & Nurmala, 2022). Kualitas tidur yang buruk dan durasi tidur yang kurang juga dapat berkontribusi terhadap kelelahan visual. Kurangnya tidur atau istirahat dapat menyebabkan otot mata dipaksa bekerja lebih keras, terutama saat harus melihat objek dekat dalam waktu yang lama, yang dapat menyebabkan ketegangan pada otot siliaris dan ekstraokular (Putri et al., 2022).

2.2.6 Patofisiologi

Asthenopia sering kali disebabkan oleh aktivitas visual dekat yang berkepanjangan, seperti membaca atau menggunakan perangkat digital, yang menyebabkan ketegangan pada otot siliaris. Ketegangan ini dapat menyebabkan kelelahan otot mata dan gejala seperti nyeri mata dan penglihatan kabur. Pencahayaan yang tidak memadai atau berlebihan dapat

memicu refleks pupil yang berlebihan, meningkatkan beban kerja sistem visual. Kondisi ini dapat menyebabkan gejala seperti ketegangan mata dan ketidaknyamanan visual (American Academy of Ophthalmology, 2023).

Kurangnya tidur juga menyebabkan disfungsi retina dan stres oksidatif. Pada penelitian Tang pada tahun 2024 melaporkan bahwa kurang tidur kronik menurunkan protein mitokondria dan meningkatkan spesies oksigen reaktif (ROS) di retina dan juga terjadi pada otot mata, yang menyebabkan gangguan fungsi visual meskipun tidak ditemukan perubahan morfologi. Akumulasi ROS ini mengganggu homeostasis retina dan mempercepat kelelahan visual, yang menjadi salah satu penyebab asthenopia. Selain itu, permukaan okular juga terpengaruh. Penelitian oleh Gu et al. pada tanggal 2024 menemukan bahwa kualitas tidur yang buruk berkorelasi signifikan dengan risiko peningkatan penyakit mata kering. Kurang tidur menyebabkan penurunan produksi air mata dan disfungsi kelenjar lakrimal, yang menyebabkan evaporasi air mata meningkat dan gejala ketidaknyamanan okular muncul. Hal ini mendukung timbulnya gejala asthenopia.

Studi oleh Ouyang et al. pada tahun 2023 menunjukkan bahwa insomnia dapat mengganggu fungsi otot melalui peningkatan degradasi protein dan disfungsi jam biologis otot, yang dapat menghambat proses pemulihan dan regenerasi otot. Selain itu, penelitian oleh Sharma et al. pada tahun 2022 menemukan bahwa deprivasi tidur akut selama 24 jam menyebabkan perubahan morfologi pada sinapsis neuromuskular otot soleus, termasuk penurunan kadar asetilkolin dan peningkatan aktivitas

enzim asetilkolinesterase, yang dapat mempengaruhi transmisi neuromuskular dan fungsi otot. Penelitian lain oleh Sheikh et al. pada tahun 2020 juga menunjukkan bahwa kurang tidur mempengaruhi potensial elektrookular, menyebabkan penurunan voltase selama gerakan *tracking* dan penundaan dalam gerakan *saccadic*, yang menunjukkan adanya gangguan pada fungsi otot ekstraokular. Dalam kondisi kurang tidur, penelitian tersebut mencatat adanya penurunan amplitudo voltase selama gerakan tracking mata, serta peningkatan latensi (penundaan) dalam respons *saccadic*. Temuan ini mengindikasikan bahwa kurang tidur dapat mengganggu transmisi sinyal neuromuskular yang diperlukan untuk mengkoordinasikan otot-otot ekstraokular, sehingga berpotensi menyebabkan penurunan ketepatan dan kecepatan gerakan mata. Gangguan ini pada akhirnya bisa mempengaruhi kemampuan visual seseorang dalam melakukan tugas-tugas yang memerlukan fokus dan pelacakan visual yang presisi, seperti membaca, mengemudi, atau bekerja di depan layar.

2.2.7 Pemeriksaan Asthenopia

Pemeriksaan asthenopia dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana seseorang mengalami kelelahan visual, yang umumnya dipicu oleh aktivitas visual jarak dekat dalam jangka waktu lama, seperti penggunaan perangkat digital. Salah satu metode subjektif yang paling banyak digunakan adalah penggunaan kuesioner yang dirancang untuk menggali keluhan visual yang dirasakan individu. Salah satu instrumen yang telah terbukti valid dan reliabel dalam menilai kelelahan visual adalah *Visual Fatigue Index* (VFI).

Kuesioner VFI terdiri dari serangkaian pertanyaan yang menilai berbagai gejala seperti penglihatan kabur, mata terasa berat, sakit kepala, rasa terbakar atau kering pada mata, hingga nyeri pada leher dan bahu. Skor dari kuesioner ini kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori tingkat kelelahan, yaitu ringan, sedang, berat, hingga sangat berat, tergantung pada total nilai yang diperoleh. Penggunaan kuesioner ini memberikan pendekatan praktis dan efisien untuk menilai tingkat kelelahan visual terutama pada populasi yang sering terpapar layar digital (Kim et al., 2022).

Selain penilaian subjektif melalui kuesioner, pemeriksaan asthenopia juga dapat dilakukan secara objektif melalui serangkaian tes klinis. Pemeriksaan akomodasi mata seperti near point of accommodation dan tes *accommodative facility* digunakan untuk menilai kemampuan mata dalam beradaptasi terhadap perubahan jarak fokus. Evaluasi konvergensi juga penting, misalnya melalui tes near point of convergence, untuk mengukur kemampuan kedua mata dalam mempertahankan fokus pada objek dekat. Selain itu, keluhan asthenopia sering kali berkaitan dengan sindrom mata kering, sehingga dilakukan pula tes seperti *Schirmer test* dan *tear breakup time* (TBUT) untuk mengevaluasi stabilitas dan jumlah produksi air mata. Pemeriksaan refraksi juga dilakukan untuk mendeteksi adanya gangguan penglihatan yang tidak terkoreksi seperti miopia, astigmatisme, atau presbiopia, yang dapat memperburuk gejala kelelahan visual. Faktor ergonomi seperti durasi penggunaan perangkat digital, pencahayaan ruangan, dan jarak pandang juga turut dipertimbangkan dalam proses evaluasi asthenopia (Lee et al., 2021).

2.3 Tidur

2.3.1 Definisi Tidur

Tidur adalah keadaan tidak sadar di mana persepsi dan reaksi individu terhadap lingkungan menurun atau hilang, namun dapat dibangunkan kembali dengan rangsangan yang cukup. Tidur merupakan proses fisiologis yang bersiklus, bergantian dengan periode jaga yang lebih lama, dan mempengaruhi serta mengatur fungsi fisiologis dan respons perilaku (Okechukwu, 2022). Secara umum, tidur terbagi menjadi dua fase utama, yaitu Non-Rapid Eye Movement (Non-REM) dan Rapid Eye Movement (REM). Fase Non-REM terdiri dari tiga tahap: tahap tidur ringan, tahap tidur lebih dalam, dan tahap tidur paling dalam di mana terjadi regenerasi jaringan dan pelepasan hormon pertumbuhan. Sementara itu, fase REM merupakan periode tidur di mana terjadi aktivitas otak yang tinggi dan mimpi sering kali muncul. Kedua fase ini berlangsung dalam siklus yang berulang setiap 90–120 menit sepanjang tidur (Dijk & Archer, 2018).

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Tidur

Salah satu faktor eksternal yang signifikan adalah kebiasaan merokok. Nikotin dalam rokok bersifat stimulan yang dapat meningkatkan aktivitas otak dan menunda onset tidur. Studi meta-analisis menunjukkan bahwa perokok memiliki risiko lebih tinggi mengalami insomnia dibandingkan dengan non-perokok, dengan efek yang lebih besar terlihat pada perokok aktif (Zeng et al., 2021).

Selain itu, konsumsi kafein secara berlebihan, terutama dalam jangka waktu dekat dengan jam tidur, dapat secara langsung mengganggu

siklus tidur. Kafein berperan sebagai antagonis reseptor adenosin yang berfungsi dalam regulasi rasa kantuk. Dalam sebuah tinjauan sistematis ditemukan bahwa konsumsi kafein dapat mengurangi total waktu tidur rata-rata 45 menit dan menurunkan efisiensi tidur sebesar 7% (O'Callaghan et al., 2023).

Penggunaan obat-obatan tertentu diketahui turut berkontribusi terhadap gangguan tidur. Beberapa jenis antidepresan, khususnya selective serotonin reuptake inhibitors (SSRI) seperti sertraline dan fluoxetine, telah terbukti meningkatkan risiko insomnia dan fragmentasi tidur selama fase pengobatan akut, terutama pada pasien dengan gangguan depresif mayor (Liang et al., 2023; Huang et al., 2023). Selain itu, beta-blocker seperti metoprolol juga dapat mengganggu pola tidur dengan menurunkan produksi melatonin endogen—hormon utama yang mengatur ritme sirkadian tubuh—yang pada gilirannya dapat menyebabkan gangguan tidur seperti insomnia dan fase tidur yang terganggu (Schulz et al., 2021; Rawashdeh et al., 2021).

Dari sisi kondisi medis, insomnia menjadi gangguan tidur yang paling umum. Insomnia ditandai dengan kesulitan dalam memulai, mempertahankan, atau mendapatkan tidur yang nyenyak. Paparan cahaya dari perangkat elektronik di tempat tidur terbukti berkorelasi dengan meningkatnya risiko insomnia dan berkurangnya durasi tidur harian (Thomé et al., 2024). Selain itu, obstructive sleep apnea (OSA) juga turut berperan dalam mengganggu tidur. OSA menyebabkan henti napas berulang saat tidur yang dapat menyebabkan tidur terfragmentasi dan penurunan

oksigen darah, yang berdampak buruk pada durasi tidur dan kesehatan kardiovaskular (Lee et al., 2023).

2.3.3 Durasi Tidur

Kebutuhan tidur seseorang bervariasi tergantung pada usia dan tahap perkembangan. Bayi dan anak-anak memerlukan tidur yang lebih panjang dibandingkan orang dewasa karena otak mereka sedang dalam tahap perkembangan pesat. Berikut adalah rekomendasi durasi tidur berdasarkan usia menurut National Sleep Foundation pada tahun 2020:

- Bayi baru lahir (0–3 bulan): 14–17 jam per hari.
- Bayi (4–11 bulan): 12–15 jam per hari.
- Balita (1–2 tahun): 11–14 jam per hari.
- Anak prasekolah (3–5 tahun): 10–13 jam per hari.
- Anak usia sekolah (6–13 tahun): 9–11 jam per hari.
- Remaja (14–17 tahun): 8–10 jam per hari.
- Dewasa muda (18–25 tahun): 7–9 jam per hari.
- Dewasa (26–64 tahun): 7–9 jam per hari.
- Lansia (65 tahun ke atas): 7–8 jam per hari.

2.4 VFI (*Visual Fatigue Index*)

Visual Fatigue Index (VFI) adalah kuesioner yang dirancang untuk mengukur tingkat kelelahan visual (*visual fatigue*) yang dialami individu, terutama mereka yang sering terpapar layar komputer atau perangkat digital lainnya. Kuesioner ini terdiri dari 22 pertanyaan yang mencakup berbagai gejala kelelahan visual, seperti mata kering, pandangan kabur, dan sakit kepala

(Winanti et al., 2023). Setiap pertanyaan memiliki empat pilihan jawaban dengan skala penilaian yang mencakup:

- Tidak Pernah: Skor 1
- Kadang-kadang: Skor 2
- Sering: Skor 3
- Selalu: Skor 4

Beberapa pertanyaan dalam kuesioner ini meliputi "Apakah Anda merasa mata lelah setelah bekerja di depan komputer?", "Seberapa sering Anda mengalami penglihatan kabur saat membaca?", serta "Apakah Anda mengalami sakit kepala setelah melakukan pekerjaan yang memerlukan fokus visual?" (Wikurendra et al., 2021).

Setelah semua pertanyaan dijawab, skor total dihitung dengan menjumlahkan seluruh nilai dari setiap pertanyaan. Skor ini kemudian dibandingkan dengan skor maksimal yang mungkin diperoleh, yaitu 88 (hasil dari 22 pertanyaan dikalikan skor tertinggi 4). Rasio antara skor total dan skor maksimal digunakan untuk menentukan kategori kelelahan visual, di mana seseorang dikategorikan mengalami keluhan penglihatan jika $VFI \geq 0,4$, dan tidak mengalami keluhan penglihatan jika $VFI < 0,4$ (Bai, 2010).

Tujuan utama dari kuesioner VFI adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat kelelahan visual yang dialami individu, sehingga dapat diambil langkah-langkah pencegahan atau penanganan yang sesuai. Penelitian menunjukkan bahwa kelelahan visual sering terjadi akibat pencahayaan yang tidak memadai, durasi kerja yang panjang, serta penggunaan perangkat elektronik tanpa istirahat yang cukup (Sumardiyono & Pamungkas, 2024).

Dengan menggunakan kuesioner ini, praktisi kesehatan dapat menilai prevalensi dan tingkat keparahan kelelahan visual dalam populasi tertentu, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kondisi tersebut. Hal ini penting untuk merancang intervensi yang efektif, seperti penyesuaian lingkungan kerja, edukasi mengenai teknik istirahat mata, dan promosi kebiasaan visual yang sehat (Sandra, 2019).

