

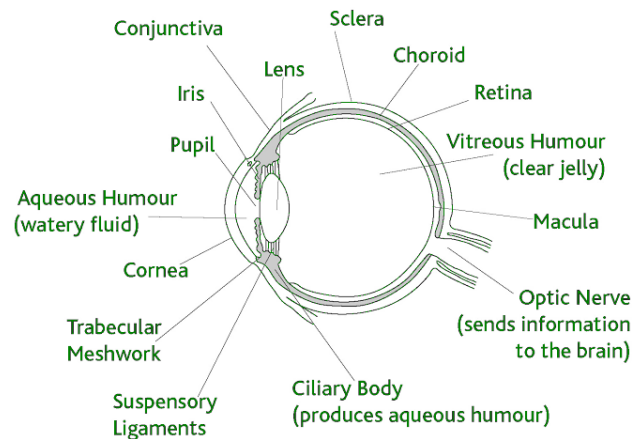
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Anatomi Fisiologi Mata

##### 1. Organ Penglihatan

###### a. Anatomi mata



**Gambar II.1 Struktur Anatomi Mata.** [Sumber:](#) Kumar, (2021).

Manusia memiliki bentuk mata hampir bulat dengan panjang maksimal 24mm. Bola mata berada di bagian depan (kornea) mempunyai kelengkungannya yang lebih tajam sehingga terdapat bentuk dengan dua kelengkungan yang berbeda. Sklera, uvea dan retina merupakan lapisan jaringan yang melapisi bola mata (Ilyas & Yulianti, 2015).

Saat mata dikeluarkan dari orbita, dapat dilihat beberapa bidang asimetris dengan diameter sagittal sekitar 24 sampai 25 mm dan diameter trasversal 24 mm dan juga volume sebanyak 6.5 cc (Ilyas & Yulianti, 2015).

Pada tampak *cross-sectional* mata menunjukkan 3 lapisan yang berbeda yaitu: lapisan eksternal yang terdiri dari sklera dan kornea; lapisan *intermediate*, yang terbagi menjadi dua bagian anterior (iris dan badan siliar) dan posterior (*choroid*); dan lapisan internal, atau bagian sensorik dari mata (*retina*). Mata juga memiliki 3 ruang cairan: ruang anterior (antara kornea dan iris), posterior (antara iris, serat zonula, dan lensa), dan ruang vitreus (antara lensa dan retina). 2 ruang awal diisi dengan aqueous humor, dimana ruang vitreus diisi oleh cairan yang lebih kental (vitreous humor). Bagian sagittal dari mata juga memperlihatkan lensa, yang transparan dan terletak dibelakang iris. Lensa dihubungkan oleh ligament yang disebut serabut zonula, melekat pada porsio anterior dari badan siliar. Kontraksi atau relaksasi otot ini, sebagai aktivitas dari otot siliar, merubah ukuran lensa dan sebuah proses yang disebut akomodasi dimana memungkinkan untuk membentuk gambaran tajam pada retina. (NCBI, 2021)

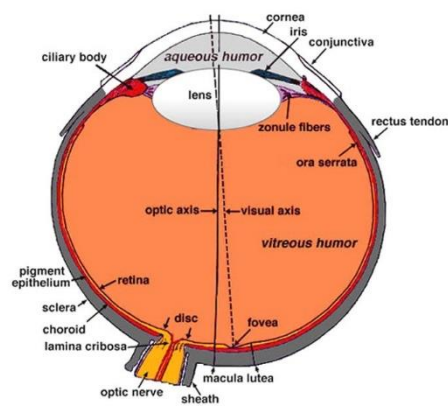


Fig. 2. Sagittal horizontal section of the adult human eye.

**Gambar II.2** Bagian sagittal horizontal dari mata orang dewasa. Sumber: Kolb, (2012)

Pancaran cahaya difokuskan melalui kornea yang transparan dan lensa pada *retina*. Titik sentral dari focus bayangan (aksis visual) dalam retina manusia adalah fovea. Ini adalah focus bayangan maksimal yang menginisiasi resolusi dari detail terbaik dan transmisi langsung dari detail itu ke otak untuk operasi lebih tinggi yang dibutuhkan untuk persepsi. Aksis *optic* sedikit lebih dekat ke area nasal dan diproyeksikan dekat dengan saraf *optic* otak. Aksis *optic* adalah jarak sagittal terpanjang antara anterior *vertex* kornea dan bagian posterior dari bola mata. Mata dirotasikan sekitar aksis *optic* dengan otot mata. Daripada fovea, beberapa *vertebrate retina* memiliki spesialisasi lain dari sentral *retina*, yang dikenal dengan *area centralis* atau *visual streak* (NCBI, 2021).

## b. Fisiologi mata

### 1) Kornea

Kornea merupakan lapisan cembung, transparan dan tipis seperti lensa kontak yang terletak di bagian terdepan bola mata dimana sinar masuk dan difokuskan ke pupil. Saat cahaya masuk ke mata, akan lebih dahulu menembus kornea yang merupakan bagian transparan yang tersusun dari jaringan epitel, struktur berserat tebal yang dibuat jaringan ikat dan matriks ekstraseluler, sebuah homolamina elastis gen dan satu lapisan sel bagian dalam (endotel). Kuman, debu dan mikroorganisme lainnya (benda asing) tidak dapat masuk karena mata dilindungi oleh kornea. Kornea juga bertungas untuk menyaring gelombang UV (*Ultraviolet*) dari sinar matahari dan juga sangat berkontribusi dalam pemfokusan cahaya ke *retina* (Zhu, dkk., 2017).

## 2) *Aqueous humor*

*Aqueous humor* terletak diantara kornea dan lensa. Lensa aqueous humor dan vitreous humor mirip dengan air di dalam beberapa aspek dan tidak besar efek kerusakan yang dialami saat mengalami kontak dengan radiasi. *Aqueous humor* terbentuk dari epitel siliaris dan badan siliar yang terletak di ruang posterior. *Aqueous humor* berperan dalam respons imun dengan mengeluarkan askorbat, antioksidan terkonsentrasi oleh epitel silia, di seluruh bagian mata (Zhu, dkk., 2017).

## 3) Pupil dan iris mata

Pupil adalah celah/bukaan berwarna hitam (berwarna hitam karena pupil mengabsorpsi pigmen di dalam retina) dan berbentuk lingkaran pada bagian tengah iris, jaringan pewarna yang memberikan eye color (warna didepan mata). Pupil dapat merubah ukurannya dengan kerja 3 susunan otot yaitu: otot dilator yang dipersarafi saraf simpatis, sfingter iris dan otot siliaris yang dipersarafi oleh saraf simpatis untuk mengontrol jumlah cahaya yang masuk ke mata. Pupil mengecil saat berada di cahaya yang terang dan membesar pada saat gelap menyesuaikan dengan jumlah penurunan cahaya. *Eye color* atau lebih tepat disebut iris color, karena jumlah eumelanin yang bervariasi (melanin coklat/hitam) dan pheomelanin (melanin merah/kuning) yang diproduksi oleh melanosit. Banyak eumelanin terdapat pada orang dengan mata berwarna coklat, dan pheomelanin banyak ditemukan pada orang dengan mata berwarna biru dan hijau (NCBI, 2021).

Iris menempel di perifer bagian anterior korpus siliaris yang membentuk pupil di bagian tengahnya dimana terdapat suatu celah yang dapat berubah ukurannya dengan bantuan otot sfingter dan dilator untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata. Iris memiliki lapisan batas anterior yang tersusun dari fibroblast dan kolagen serta stroma selular dimana otot sfingter terbenam di dalamnya pada batas pupil. (NCBI, 2021; Ilyas & Yulianti, 2015)

#### 4) Lensa

Lensa terdiri dari lapisan epitel yang menutupi massa dari serat lensa, terutama yang terbentuk dari protein disebut *crystallins*, yang kemudian lebih disempurnakan oleh cahaya dari kornea. Lensa secara inheren memiliki indeks refraksi lebih baik daripada kornea karena daerah disekitarnya yaitu aqueous humor dan vitreous humor yang juga secara relative memiliki indeks refraksi yang tinggi. Dengan begitu, indeks dari lensa harus lebih tinggi jika untuk memfokuskan gambar lebih jauh dan berkontribusi dalam sistem optic. Selain inheren indeks refraksi lensa juga memiliki kemampuan untuk merubah tingkat refraksi dengan bantuan otot siliar dan serabut zonula siliar di dalam proses akomodasi. Saat mata memandang sebuah objek dengan jarak lebih dari 6m (20kaki), lensa dipaksa untuk berubah menjadi bentuk pipih, karena otot siliar dan serabut zonular mempertahankan posisinya akan tertarik keluar. Saat mata focus pada objek didalam 6m, lensa dipaksa menjadi bulging shape (bentuk menonjol) oleh karena kontraksi otot siliar yang ditemani dengan sebuah penurunan tekanan di dalam serabut zonular. Ini

menghasilkan sebuah peningkatan kekuatan optic lensa yang membawa titik fokal mendekat, secara efektif memberikan gambaran yang jelas dari suatu objek di dalam 6m dari penampil. (Zhu, dkk., 2017).

Lensa berbentuk lempeng cakram bikonveks, tidak berwarna, hampir transparan dan avaskuler. Lensa memiliki tebal sekitar 4mm dengan diameter 9mm. lensa tergantung pada zonula di belakang iris; zonula menghubungkannya dengan korpus siliare (*corpus ciliare*). Aqueous humor terletak di sebelah anterior lensa. *Vitreous humor* terletak di sebelah posterior lensa. Lensa memiliki kapsul dengan membran yang semipermeable (sedikit lebih permeable daripada dinding kapiler) untuk mempermudah cairan masuk (air dan elektrolit). (Riordan-Eva & Augsburger, 2018).

#### 5) Uvea

Uvea merupakan jaringan vascular lunak bagian tengah mata dan dilindungi oleh kornea dan sklera, yang terdiri atas 3 bagian: iris, korpus siliaris, dan koroid. Uvea merupakan lapisan tengah, dinding kedua dari bola mata setelah sklera dan tenon. Uvea ikut memasok darah ke retina dan jaringannya dibatasi oleh ruang potensial yang mudah dimasuki darah. Vaskularisasi Uvea terdiri dari 2 buah arteri siliar posterior longus yang masuk ke saraf optic dan 7 buah arteri siliar anterior, yang terdapat 2 pada setiap otot superior, medial inferior, dan satu pada otot rektus lateral. (Ilyas & Yulianti, 2015)

#### 6) Khoroid

Khoroid merupakan segmen bagian mata di posterior uvea, diantara retina dan sklera, yang dibentuk oleh arteriol dan anyaman kapiler berfenestrasi yang padat, melekat longgar ke sklera dan memiliki aliran darah yang banyak serta berfungsi memberi nutrisi pada lapisan luar retina bagian dalam dan berperan dalam homeostasis temperature dan volume mata. Koroid tersusun atas 3 lapis pembuluh darah koroid: besar, sedang dan kecil. Semakin dalam pembuluh darah koroid dikenal sebagai koriokapilaris (Ehrlich, dkk., 2017).

#### 7) Badan siliar

Badan siliar atau corpus siliaris tersusun atas otot melingkar yang fungsinya mengatur tegangan kapsul lensa sehingga lensa dapat focus pada objek jarak dekat dan jauh dalam suatu lapang pandang. *Corpus siliaris*, secara kasar berbentuk segitiga pada sayatan melintang, membentang ke depan dari ujung anterior koroid ke pangkal iris (sekitar 6 mm). Pada badan siliar terdapat prosesus siliaris dan muskulus siliaris. Prosesus siliaris merupakan tonjolan/lipatan pada permukaan dalam korpus siliaris dimana sel-sel epitelnya menyekresi humor akueus. Muskulus siliaris merupakan otot polos berbentuk pita sirkular yang mengatur bentuk lensa untuk penglihatan jauh atau dekat. Badan siliar terdiri atas zona anterior yang berombak-ombak, pars plicata/korona siliaris (2mm) yang merupakan pembentuk aqueous humor (aqueous humor juga dibentuk oleh epitel-epitel prosesus siliaris), dan zone posterior yang datar, pars plana/*orbiculus ciliaris* (4mm). *Processus ciliare* berasal dari *pars plicata* (Wangko, 2013).

## 8) Sklera

Sklera merupakan lapisan pembungkus fibrosa bagian luar yang memiliki ketebalan  $\pm 1\text{mm}$  dan hampir seluruhnya tersusun atas kolagen. Sklera memberikan bentuk bola mata, menjadikannya kaku, dan melindungi bagian internal dari mata. Bagian kecil dari luas sklera merupakan lapisan bening yang disebut kornea. Jaringan ini berwarna putih dengan konsistensi yang padat serta berbatasan dengan kornea di sebelah anterior dan *nervus opticus* di posterior. Pita-pita kolagen dan jaringan elastis yang terdapat di sepanjang *foramen sklera posterior*, membentuk lamina cribrosa, yang disekitarnya dilalui oleh berkas *akson nervus opticus*. Permukaan sklera bagian depan (anterior) dibungkus oleh jaringan elastis halus dan lapisan tipis, episklera, yang mengandung banyak pembuluh darah yang memvaskularisasi sklera. Lapisan pada permukaan dalam sklera yang berwarna coklat adalah lamina fusca, yang membentuk lapisan ruang suprakoroid luar (Wangko, 2013).

Pada tempat insersi *musculi recti*, sklera memiliki ketebalan sekitar 0,3 mm; di tempat lain tebalnya sekitar 0,6 mm. Di sekitar *nervus opticus*, sklera ditembus oleh *arteri ciliaris* linga dan *nervus ciliaris longus* melintas dari *nervus opticus* ke *corpus ciliare* di suatu lekukan dangkal pada permukaan dalam sklera. Sedikit posterior dari equator, empat vena vorticosa mengalirkan darah dari koroid melalui sklera. Sekitar 4mm di sebelah



posterior limbus, sedikit anterior dari insersi setiap *musculus rectus* empat arteria dan *vena ciliary anterior* menembus sklera (Wangko, 2013).

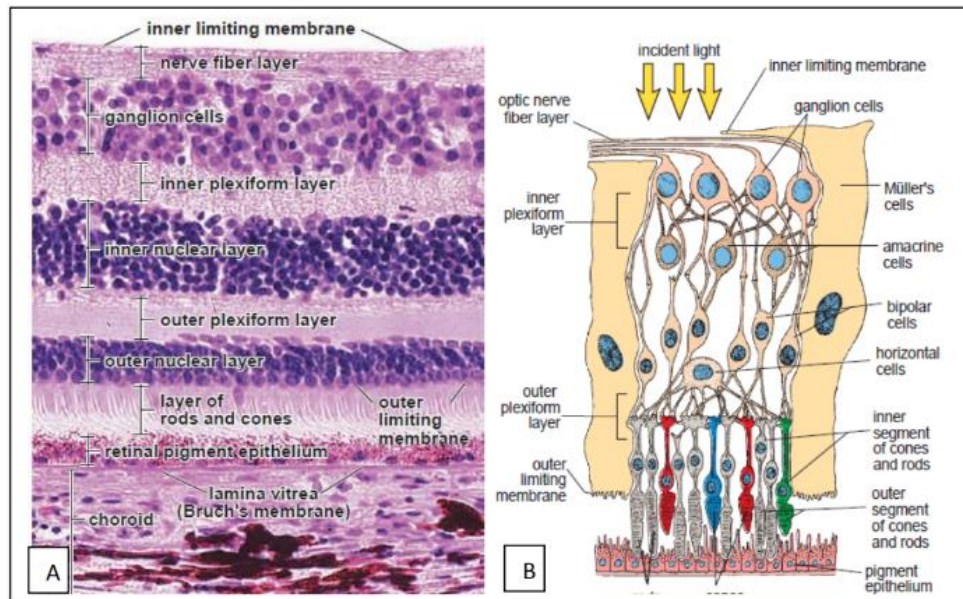
#### 9) Retina

Retina adalah suatu membran yang bertugas sebagai reseptor untuk menerima sinar cahaya dan terdiri dari banyak serabut dan sel saraf yang tersusun atas sel batang dan kerucut dengan fungsi terpisah. Sel saraf ini mempunyai tiga lapisan utama neuron retina yang dipisahkan oleh dua area bagian luar dan dalam, dimana terjadi sinaps. ketiga lapisan ini (sejalan dengan input visualnya) adalah: lapisan sel fotoreseptor, lapisan sel bipolar dan lapisan sel ganglion. Juga terdapat sel horizontal dan sel amakrin, keduanya ini membentuk jalur lateral untuk meregulasi impuls yang dihantarkan sepanjang jalur sel fotoreseptor ke sel bipolar dan ke sel ganglion (Wangko, 2013).

Tunika nervosa atau retina merupakan lapisan bola mata terdalam, melapisi  $\frac{3}{4}$  posterior bola mata dan merupakan jalur utama penglihatan. Dengan oftalmoskop, melalui pupil tampak bayangan retina dan pembuluh darah yang diperbesar pada permukaan anterior nya. Pembuluh darah di retina adalah satu-satunya tempat didalam tubuh yang dapat dilihat secara langsung dan dievaluasi kelainan patologisnya, seperti pada kondisi hipertensi dan diabetes. Terdapat beberapa struktur lain selain pembuluh darah yang juga dapat diamati seperti: diskus optikus (bintiik buta, blind spot), tempat muaranya nervus optikus dari bola mata, serta pembuluh arteri dan vena

sentralis retina yang searah dan bersama dengan nervus optikus. Retina terdiri dari bagian neural (bagian visual) dan epitel pigmen (bagian non-visual). Epitel pigmen merupakan sel epitel selapis yang berisi pigmen melanin dan terletak di sekitar koroid dan neural retina. Melanin pada epitel pigmen dan koroid mengabsorpsi cahaya sehingga mampu mencegah pantulan dan sebaran cahaya di dalam bola mata, agar bayangan tampak jelas terlihat (Wangko, 2013).

Retina terdiri dari 10 lapis, dari bagian luar ke dalam: epitel pigmen, lapisan batang dan kerucut, membran limitans eksterna, lapisan inti luar, lapisan pleksiform luar, lapisan inti dalam, lapisan pleksiform dalam, lapisan sel ganglion, lapisan serat saraf, dan membran limitans interna (Wangko, 2013).



**Gambar II.3. A, Fotomikograf retina manusia. B, Gambar skematik lapisan-lapisan retina. Sumber: Wangko, (2013).**

#### 10) Sistem air mata

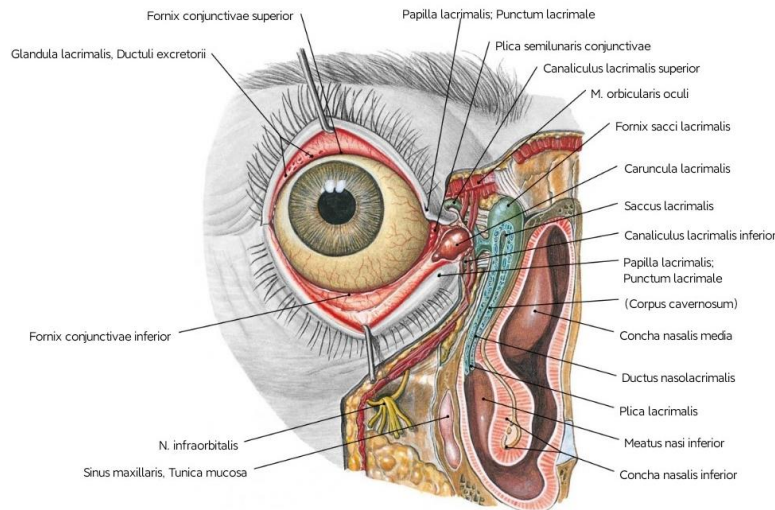
Sistem lakrimal atau kelenjar air mata adalah bilobed (tersusun atas 2 lobus), kelenjar berbentuk seperti air mata dengan fungsi utama mensekresi bagian berair dari tear film (Lapisan air mata), dengan demikian menjaga permukaan okuler. Terletak di bagian anterior, orbita superotemporal /superolateral rongga orbita diantara fossa lakrimal dari tulang frontal. Sepanjang forniks terdapat kelenjar krause. Bagian ekskresi terdiri atas pungtum lakrimal, kanakuli lakrimal, saku lakrimal dan duktus nasolacrimonal. Tendon dari bisects superioris levator palpebrae kelenjar lakrimal, membentuk 2 lobus: komponen palpebral yang kecil ditemukan terus pada kelopak mata bagian dalam, dan komponen orbita yang besar. Komposisi histologis merupakan campuran serosa dan mucinous acini, sel myoepithelial, dan duktus interkoneksi kecil. System air mata juga terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian yang memproduksi air mata. Kelenjar air mata dan bagian ekskresi yang memberi jalan kepada air mata ke dalam rongga nasal. Sepanjang forniks terdapat kelenjar krause. Bagian ekskresi terdiri atas pungtum lakrimal, kanakuli lakrimal, saku lakrimal dan duktus nasolacrimonal (Machiele, dkk., 2021) (PERDAMI, 2017)

Struktur dan fungsi kelenjar air mata berperan penting dalam susunan tear film, struktur trilaminar yang memiliki fungsi: 1) memberikan lapisan

pelindung pada permukaan okuler; 2) menyediakan permukaan optic yang halus pada air-cornea-interface; 3) berfungsi sebagai media untuk membuang debris (kotoran). 4) sebagai lubricator untuk menjaga kelembaban permukaan konjungtiva dan kornea 5) bertugas sebagai mekanisme pertahanan terhadap infeksi mikroorganisme karena mengandung antibakteri, lisozim, betalisin dan antibody 6) sebagai media transport metabolic keluar masuk sel terutama oksigen dan karbon dioksida 7) sebagai nutrisi karena air mata mengandung glukosa, protein, elektrolit dan enzim (Khurana, dkk., 2015). Tear film tersusun atas lapisan mucin yang berhadapan dengan permukaan kornea, ditengah lapisan aqueous, dan pada lapisan lemak bagian luar. Serous acini adalah jaringan predominan yang terdapat dalam kelenjar lakrimal, mensekresi komponen aqueous (cairan), yang membentuk keseluruhan dari volume cairan tear film. Permukaan kornea memiliki komposisi hidrofilik, membutuhkan komponen tambahan, mucin soluble, untuk berikatan dengan permukaan hidrofilik untuk menjaga sifat hidrofiliknya, membantu keseragaman (kesamaan) dari lapisan aqueous ke permukaan kornea. Mucin akan disekresikan terutama pada sel goblet konjungtiva dan sel squamous bertingkat dari konjungtiva dan epitel kornea. (Kang, et al., 2012).

Sebagai tambahan pada kontribusinya pada bagian berair dari tear film, kelenjar lakrimal memiliki fungsi adaptive immune melalui sel myoepithelial mensekresi antibody IgA dan IgG. Jadi asosiasi dengan Mucosa Associated

Lymphoid Tissue (MALT) dan kerentanan kerusakan infeksi-autoimun sering terlihat mempengaruhi MALT (Machiele, dkk., 2021)



**Gambar II.4. Apparatus Lacrimalis, mata sebelah kanan.**  
**Sumber: Michael, (2022).**

## 2. Akomodasi

Akomodasi merupakan suatu mekanisme mata mengubah kekuatan refraksinya dengan merubah ketajaman lensa kristalin. Daya akomodasi dibatasi oleh dua titik yaitu titik dekat (punctum proximum) dan titik jauh (punctum remotum). Akomodasi merupakan salah satu dari tiga komponen untuk melihat jarak dekat yaitu respon dekat dan refleksi dekat (Wati, 2018). Dengan berakomodasi benda dengan jarak yang berbeda-beda akan terfokus pada retina. Kekuatan akomodasi meningkat sesuai kebutuhan penglihatan. Semakin dekat suatu benda maka mata akan semakin kuat untuk memencung. Mata dapat berakomodasi bila bayangan difokuskan dibelakang retina (Handriani, 2016).

Reflex akomodasi adalah respon visual untuk memfokuskan pandangan pada objek jarak dekat. Itu juga memiliki nama dari accommodation-convergence reflex atau reflex dekat. Itu adalah synkinesis yang terdiri dari convergence dari kedua mata, kontraksi dari otot siliar menghasilkan perubahan bentuk pada lensa (akomodasi), dan konstiksi pupil. Koordinasi dari ketiganya merubah kekuatan mata, membuat titik focus mata berubah dari objek dengan jarak jauh ke objek terdekat atau vice versa. Seperti pupillary light reflex, organ afferent dari reflex melalui saraf optic, dan organ efferent melibatkan Edinger Westphal nucleus dan saraf oculomotor. Supranuclear mengontrol reflex dekat berbeda dari reflex cahaya. Itu termasuk area kortikal yang mengelilingi visual korteks dan bidang mata depan (frontal eye fields). Otak tengah merupakan pusat dari reflex dekat yang terletak lebih ventral daripada letak reflex cahaya. (Mahsaw Motlagh, 2021)

Pada tingkat seluler, releks akomodasi bergantung pada saraf yang memberi sinyal untuk menginduksi jalur aferen dan eferen. Impuls dihantarkan sepanjang serabut saraf optik, melalui proyeksi dari korteks, dan akhirnya ke nucleus oculomotor dan Edinger-Westphal nuclei. Terlebih lagi, saraf (neuron) retina terlibat di dalam transmisi dari penglihatan yang bergantung pada fototransduksi, yang memiliki mekanisme kompleks seluler. Pemahaman awal dari akomodasi memiliki basisnya dalam teori kapsuler dari akomodasi atau Helmholtz hypothesis. Dengan usaha akomodasi, terdapat kontraksi otot siliar, melepaskan tegangan pada zonula, yang menyebabkan penebalan lensa, meningkatkan ketebalan pusat dan kekuatan optic (optical power) yang membantu dalam penglihatan dekat. Schachar mengatakan

bahwa mekanisme perubahan dari bentuk lensa disebabkan oleh zonula equatorial, dimana zonula anterior dan posterior berfungsi sebagai komponen pasif dalam menentukan kekuatan optic lensa (Mahsaw Motlagh, 2021)

Seperti dengan komponen mata lainnya, kontribusi penting dari puncak saraf, gen homeobox, dan factor pertumbuhan adalah kunci utama dari perkembangan reflex akomodasi. Ketika neuroektoderm berkontribusi pada retina dan saraf optic yang dibutuhkan untuk akomodasi, puncak sel saraf yang menyusun jaringan penghubung dari orbita dan ganglion siliar. Lensa sendiri adalah sebuah derivative atau turunan dari permukaan ectoderm. Tidak seperti struktur yang telah dipaparkan diatas, otot ekstraokuler adalah turunan dari jaringan mesodermal. (Mahsaw Motlagh, 2021)

Organ yang dilibatkan dalam reflex akomodasi melibatkan beberapa komponen berbeda dari system saraf pusat (SSP) dan system saraf tepi (Peripheral nervous system). Tidak seperti reflex cahaya pupil, ini membutuhkan partisipasi dari asosiasi visual korteks (Visual association cortex) dan serebelum (otak kecil) ditambah lagi dari system saraf parasimpatik. Stimulus dari reflex akomodasi itu antara out of focus atau blurred retinal image (gambaran kabur retina) atau fiksasi visual secara sadar pada objek dekat. Organ aferen dari reflex melibatkan saraf optic, kiasma optikum, traktus optikus, nukleus genikulata lateral dari thalamus dan korteks visual termasuk visual primer dan asosiasi area visual di lobus oksipital. Organ aferen termasuk nucleus Edinger-Westphal dan saraf oculomotor. Nukleus Edinger-Westphal di dalam midbrain (otak tengah) adalah nukelus parasimpatik preganglion yang

menghantarkan akson dari saraf oculomotor ke ganglion siliar dan saraf siliar pendek untuk mengontrol sfingter (pintu) pupil, otot siliar dari mata. Serat eferen dari subnukleus rektus medius dari kompleks oculomotor yang menginervasi otot rektus medius sehingga menyebabkan konvergensi mata. (Mahsaw Motlagh, 2021)

Fungsi reflex akomodasi adalah untuk mengkoordinasi perhatian visual pada objek dekat. Konvergensi yang benar mencegah diplopia (double vision/penglihatan ganda). Konstriksi pupil meningkatkan jarak lapang pandang (depth of field). (Mahsaw Motlagh, 2021)

Mekanisme akomodasi berawal dari cahaya lingkungan yang dibawa kepada focus retina dengan kombinasi kekuatan optik dari kornea dan lensa. Mekanisme reflex akomodasi melibatkan tiga respon:

- a. Konvergensi dari kedua mata menghasilkan focus dari objek dekat, sehingga membantu dalam proyeksi fovea. Kondisi ini melibatkan kontraksi otot rektus medius dari kedua mata, dengan relaksasi dari lateral recti menghasilkan adduksi dari kedua mata.
- b. konstriksi dari sfingter otot pupil, konstriksi pupil, sehingga meingkatkan kedalaman focus (jarak focus/depth of focus). Sinar divergen dari objek jauh menghamburkan sekeliling kornea (kornea perifer), sehingga cahaya tidak jatuh pada fovea.
- c. Kontraksi dari otot siliar bilateral menghasilkan penebalan lensa, yang memperpendek jarak fokal, sehingga meningkatkan kekuatan refraksi yang diukur dalam dioptri. (Mahsaw Motlagh, 2021)



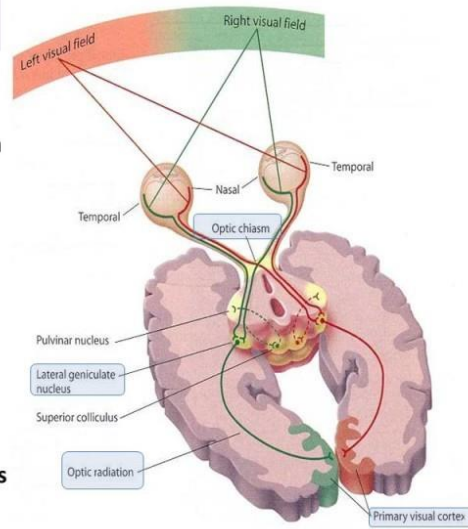
### **3. Fisiologi Penglihatan**

Mata merupakan organ fotosensitif yang sangat berkembang, yang memungkinkan interpretasi dan analisis cermat dari bentuk, intensitas cahaya, warna, dan informasi lain (Sinar UV, Infrared, dan Bluelight) yang dipantulkan oleh objek disekitar lapang pandang. Proses penglihatan dan persepsi visual ini melibatkan system struktur yang kompleks, yang masing-masing dirancang untuk tujuan tertentu. Rangkaian proses penglihatan meliputi masuknya cahaya pada media refraksi, foto transduksi, penghantaran impuls melalui jaras penglihatan, serta interpretasi dan persepsi visual oleh korteks visual. Mata terletak dalam struktur bertulang yang protektif di tengkorak, yaitu rongga orbita. Setiap mata terdiri atas sebuah bola mata fibrosa yang kuat untuk mempertahankan bentuknya, suatu sistem lensa untuk memfokuskan bayangan, selapis sel fotosensitif, dan suatu sistem sel dan saraf yang berfungsi mengumpulkan, memproses, dan meneruskan informasi visual ke otak (Remington, 2012; Forrester, dkk., 2020).

Sistem organ pada proses melihat terdiri dari: retina, saraf optic, kiasma optikus, traktus optic, nukleus geniculate lateral di dalam thalamus dan traktus geniculocalcarine yang memproyeksikan ke korteks oksipital. (Nava, dkk., 2021).

## Visual Pathway

1. Cones
2. Bipolar neurons
3. Ganglion cell's axon forms the optic nerve
4. Optic nerve to the Optic Chiasm
5. Optic tract
6. Lateral geniculate nuclei of the thalamus
7. Optic Radiations
8. Primary visual areas of the occipital lobes



**Gambar II.5. Visual Pathway** Sumber: Slotnick, (2016)

Mekanisme melihat dimana informasi datang dari sel ganglion retina mencapai saraf optic, dan kemudian potensial aksi berjalan melalui kiasma optikus (dimana serabut saraf optic dari kedua mata menyilang di garis tengah dan membentuk traktus optic). Arah dari informasi visual disini sedikit berbeda, sebagai sisi temporal ipsilateral langsung menembus ke bagian ipsilateral dari korteks, dimana bagian nasal dari visus dapat menembus bagian kontralateral dari otak, berjalan kearah berlawanan dari korteks oksipital. Oleh karena itu, mengarah ke kiasma optikus, setiap traktus optic mempunyai informasi dari kedua mata, dari bagian temporal ipsilateral dari bidang visual dan bagian nasal kontralateral. Informasi visual ini kemudian diintegrasikan menjadi nukleus geniculate lateral dari thalamus dan lalu diproyeksikan ke korteks visual. Sebelum informasi visual mencapai thalamus, juga dapat berjalan ke struktur lain seperti nukleus pretectal dan kolikulus superior di

dalam batang otak (untuk menghasilkan reflex visual untuk focus ke objek tertentu) atau ke nukleus suprachiasmatic dari hipotalamus (untuk meregulasi ritme sirkadian).

Saat informasi mencapai thalamus, informasi ini sudah diatur seperti dokumen di kantor. Jadi untuk menyelesaikan tugasnya, nukleus geniculate lateral mempunyai enam lapisan jaringan saraf agar informasi dapat di integrasikan dan di simpan secara urut. Lapisan II, III, dan V menerima informasi dari lapang pandang temporal ipsilateral, lapisan I, IV, dan VI menerima informasi dari lapang pandang nasal kontralateral. Untuk membuatnya lebih menarik, lapisan I dan II dibentuk oleh neuron magnocellular, dan lapisan III, IV, V, dan VI dibentuk oleh neuron parvocellular. Retina juga mengandung saraf magnocellular dan parvocellular, yang merupakan subtype dari sel ganglion (sel yang menerima informasi dari ujung jalur visus retina). Di dalam retina, tipe magnocellular dari ganglion menerima informasi tentang kontras hitam dan putih dan perubahan secara cepat pada posisi objek, dan tipe parvocellular dari neuron menerima informasi tentang warna. Jadi nukleus geniculate lateral mempunyai dua lapisan saraf yang didedikasikan untuk integrasi informasi tentang kontras hitam dan putih dan perubahan objek visual secara cepat, dan memiliki empat lapisan yang ditugaskan untuk kombinasi warna. Dari sini, semua sinyal warna dan kontras pergi ke korteks visual, dimana informasi diproses dan diinterpretasikan. (Nava, dkk., 2021).

#### **4. Mekanisme Mata Terhadap *Screentime* Gawai**

Gawai dapat memancarkan sinar biru. Saat sinar biru masuk ke mata, lensa dan retina tidak dapat memblokir atau memantulkannya sehingga mengenai dan merusak

sel fotoreseptor. Rusaknya sel fotoreseptor bisa menyebabkan degenerasi makula (*macular degeneration*), yaitu penyebab kebutaan yang paling sering terjadi pada orang berusia 50 tahun atau lebih. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh University of Toledo di Amerika Serikat, mengungkapkan bahwa paparan sinar biru yang terlalu lama bisa memicu sel-sel fotoreseptor (peka cahaya) pada mata untuk menghasilkan molekul beracun yang membahayakan mata (*photochemical damage*). Molekul yang disebut sebagai retinal ini awalnya berfungsi untuk membantu sel fotoreseptor dalam menangkap cahaya dan menyalurkan sinyal ke otak. Namun, adanya sinar biru bisa mengubah retinal menjadi molekul yang berbahaya untuk sel fotoreseptor karena bisa melarutkan membran sel fotoreseptor. Degenerasi makula memang tidak menyebabkan orang buta secara total. Namun, akan menyebabkan kabur penglihatan. Penyakit ini belum ditemukan solusi penanganannya dan merupakan penyebab kebutaan. Sinar biru ada dimana-mana disekitar kita, semua orang beresiko untuk terpapar sinar biru. Salah satu sumber sinar biru yang patut diwaspadai bersumber dari televisi, *smartphone*, dan ponsel lainnya. (Ningrum & Nashriyah, 2019).

Layar gawai menggunakan tulisan yang kecil daripada sebuah buku atau cetakan *hardcopy* lainnya sehingga jarak membaca akan lebih dekat yang meningkatkan kebutuhan penglihatan pada penggunaannya mengakibatkan muncul gejala yang termasuk ke dalam *computer vision syndrome*. Lebih dari 90% pengguna komputer mengalami gejala penglihatan seperti mata lelah, penglihatan buram, penglihatan ganda, pusing, mata kering, serta ketidaknyamanan pada okuler saat

melihat dari dekat ataupun dari jauh setelah penggunaan komputer jangka lama.

(Agency & Derry, 2014)

## **5. Lama Paparan Screen Time Gawai yang dianjurkan**

*Screen time* dapat diartikan sebagai waktu lamanya di depan layar elektronik. Di mana ketika melakukan screen time juga membutuhkan pengeluaran energi yang lebih sedikit karena screen time dilakukan dengan duduk atau bahkan berbaring (Sigman, 2012).

Lama *screentime* yang dianjurkan tidak lebih dari 2 jam sehari, 1 jam untuk anak-anak dan waktu ideal untuk pemakaian gawai secara kontinyu dalam sehari adalah 4 jam 17 menit (Sigman, 2012).

a. Durasi Screen Time Berdasarkan Usia Usia (Tahun) Durasi screen time (jam/hari)  
(Sigman, 2012).

- 1) 3 -7 tahun = 0,5 - 1 jam sehari
- 2) 7 - 12 tahun = 1 jam sehari
- 3) 12 -15 tahun = 1,5 jam sehari
- 4) >16 tahun = 2 jam sehari

Hasil studi pendahuluan di pondok pesantren Raudlatut Tholibin Tugurejo Semarang menunjukkan bahwa terdapat 50 dari 59 mahasiswa santri (85%) melakukan screen time lebih dari 2 jam sehari. Seluruh mahasiswa santri umumnya telah memiliki minimal dua alat elektronik yaitu laptop dan Smartphone (Qiromah, 2022).

terkait durasi rata-rata *screen time*. Durasi rata-rata screen time (televisi, video game, dan komputer) para pelajar tersebut adalah 5 jam 19 menit per hari. Sementara itu, hasil penelitian Pramadhan menyatakan bahwa durasi screen time melebihi rekomendasi yaitu lebih dari 2jam/hari dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan mata (Sigman, 2012).

## **6. Cara Menjaga Kesehatan Mata**

Mata memiliki banyak fungsi dalam kehidupan sehari-hari kita. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk menjaga kesehatan mata agar terhindar dari berbagai penyakit mata.

Berikut adalah cara menjaga mata

### **a. Memakai celak mata ketika hendak tidur**

Para ahli medis mengatakan bahwa celak mata memiliki manfaat . untuk menjaga kesehatan mata, kejernihan pandangan mata, dan menambah ketajaman daya pandang serta penglihatan mata, sehingga bisa memandang dengan jelas dan terang.

Dilaporkan bahwa warna-warna cerah membuat mata kita mudah lelah, warna gelap membuat kita suram dan warna-warna terang membuat kita nyaman. Hijau termasuk warna terang. Selebihnya yaitu, warna merah dan kuning memberikan kesan kecemerlangan sementara cyan dan hijau memberi kita kesan kedamaian dan kenyamanan. Untuk sistem saraf, korteks serebral dan retina manusia, cyan dan hijau lebih cocok karena cyan dan hijau dapat menyerap sinar lebih ultraviolet yang tidak membahayakan untuk mata kita dan mengurangi cahaya lebih terang

daripada warna lainnya. Tapi apa warna hijau baik untuk kesehatan mata tidak berarti bahwa dapat melindungi mata kita. Ini berarti bahwa melihat keindahan alam di sekitar kita dapat membantu mata kita menghilangkan rasa lelah.

Mengonsumsi buah-buahan dan sayuran yang kaya akan vit A & antioksidan yang berguna bagi kesehatan mata, menghindari rokok (meningkatkan resiko katarak), menggunakan kacamata dengan UV protector, dan mengistirahatkan mata secara berkala setelah penggunaan gawai / beraktivitas didepan layar. (KEMENKES, 2018).

## ***B. Screentime***

### **1. Definisi**

*Screen time* merupakan jumlah waktu yang dihabiskan saat menggunakan perangkat dengan layar. Layar yang dimaksud bisa komputer, *smartphone*, televisi, atau video game yang merupakan symbol modernisasi. Akses yang mudah, internet yang murah, dan konten gratis yang sangat berkontribusi dalam peningkatan screen time. Penelitian mengatakan jika orang dewasa menghabiskan waktu didepan layar gawai selama 11 jam (Bharadwaj, 2021).

### **2. Dampak Paparan Screentime Gawai**

*Mobile phone* merupakan transmitter radiofrekuensi dengan kekuatan rendah yang beroperasi pada frekuensi 450-2700Hz dengan kekuatan maksimal diantara 0,1-2 watt. Penggunaan mobile phone dengan jarak 30-40cm dari tubuh memiliki paparan radiofrekuensi yang lebih minimal daripada saat seseorang menempelkan gawai pada kepalanya (WHO, 2016).

Penelitian pernah dilakukan untuk mengetahui apakah penggunaan *mobile phones* mempengaruhi kesehatan. Untuk penggunaan jangka pendek diawali dari pemanasan jaringan didalam interaksi radiofrekuensi dengan tubuh manusia. Frekuensi yang digunakan mobile phones, kebanyakan diabsorbsi kulit dan jaringan permukaan lainnya yang mengakibatkan peningkatan temperatur yang tidak teratur pada otak dan organ lain dalam tubuh (WHO, 2016).

Beberapa studi mengatakan efek radiofrekuensi pada aktivitas elektrik otak, fungsi kognitif, denyut jantung, pola tidur dan tekanan darah turut berpengaruh. Penggunaan jangka panjang sering berdampak pada kejadian tumor otak karena paparan yang bersifat karsinogenik. Dampak radiasi gawai pada mata dapat menyebabkan terjadinya meiosis, conjunctivae congestion, corneal edema, shallow cortex, increased light scattering anterior, pada area papiler lensa (WHO, 2016).

### **3. Konsep Dasar Gadget**

#### **a. Definisi**

Gawai merupakan sebuah perangkat elektronik kecil yang memiliki fungsi khusus dan bervariasi yang berkaitan dengan perkembangan teknologi masa kini. Terdapat beberapa kategori gawai, antara lain *smartphone*, laptop, tablet, kamera, komputer, dll (Farida, dkk., 2021) (Chusna, 2017).

#### **b. Fungsi dan dampak negatif gawai**

##### **Fungsi dan manfaat gawai**

###### **1) Komunikasi**



Dengan adanya gawai berupa *handphone* pada saat ini seseorang dapat melakukan komunikasi dengan efisien dan praktis

2) Sosial

Pada gawai terdapat banyak aplikasi serta fitur yang memungkinkan seseorang bisa dengan mudah membagikan cerita, kabar, maupun berita. Hal tersebut diharapkan dapat membantu seseorang dalam memperluas kehidupan sosialnya.

3) Pendidikan

Pada saat ini pembelajaran tidak hanya saja bersumber dari buku, dengan adanya gawai seseorang dapat dengan mudah untuk mengakses berbagai macam ilmu pengetahuan (Chusna, 2017).

**Dampak negatif dari penggunaan gawai yaitu**

1) Merusak mata

Penggunaan ponsel yang berlebihan dapat menyebabkan mata terasa lelah dan perih. Hal tersebut dikarenakan mata secara terus menerus terfokus pada ponsel sehingga mata menjadi kering dan lebih parahnya lagi dapat menyebabkan infeksi.

2) Mengubah postur tubuh

Menurut Kirsten Lord seorang ahli fisioterapi tubuh akan bereaksi pada kebiasaan yang sering dilakukan tiap harinya. Penggunaan ponsel dapat menimbulkan efek pada pundak dan leher.

3) Kulit wajah kendur

Selain oleh karena faktor usia yang menyebabkan elastisitas kulit menurun, hal tersebut dapat diperburuk dengan kebiasaan melihat kebawah disaat menggunakan *handphone* dengan jangka waktu yang lama.

4) Mengganggu pendengaran

Pada setiap pemilik ponsel dapat dipastikan juga memiliki headphone sebagai alat mendengarkan musik. Hal tersebut menjadi buruk apabila dilakukan dengan jangka waktu lama dan pada volume yang besar.

5) Mengganggu saat istirahat

Penggunaan gawai dapat mempengaruhi kerja hormon melantonin yang turut berperan sebagai faktor yang menyebabkan tidur menjadi terganggu. Dianjurkan pada pengguna gawai untuk mengecilkan tingkat kecerahan layar ponsel dan sebaiknya dalam kondisi silent atau dapat diletakkan jauh dari tempat tidur (Chusna, 2017).

#### **4. Efek Radiasi Gawai**

Gawai (salah satunya *handphone*) dapat menghasilkan gelombang radio elektromagnetik dalam penggunaannya. Gelombang ini yang bisa menghasilkan radiasi, secara umum total radiasi yang dapat diserap oleh tubuh manusia adalah bergantung pada beberapa faktor seperti polarisasi medan elektromagnetik, frekuensi, dan panjang gelombang (wavelength) elektromagnetik, jarak tubuh dengan sumber radiasi elektromagnetik, adanya benda lain disekitar sumber radiasi (LIPI, 2013). Menurut *The National Radiological Protection Board* (NRPB) UK, Inggris, efek yang

ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik dari *handphone* di bagi menjadi dua, yaitu:

a. Efek fisiologis

Efek fisiologis merupakan efek yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik terhadap berbagai susunan tubuh manusia. Efek tersebut berupa neoplasma atau keganasan (kanker otak, tumor), gangguan pendengaran, gangguan retina, reproduksi, dan gangguan sistem saraf (NRPB UK, 2013).

Radiasi elektromagnetik yang berupa non-ionisasi ini dapat memberikan efek negatif saat tubuh terpapar Specific Absorption Rate (SAR)  $>4$  watt/kg. Saat menelepon efek langsung yang ditimbulkan berupa nyeri kepala karena terjadi peningkatan tekanan darah, tetapi jika paparan berlangsung lama (terus menerus) dapat menimbulkan kanker otak karena terjadi penurunan sekresi serotonin dan melatonin dimana kerjanya sebagai tumor suppressor (menekan pertumbuhan tumor). Dalam beberapa penelitian dikatakan bahwa tumor tidak dapat mempengaruhi secara langsung dalam pertumbuhan tumor tetapi, paparan radiasi yang banyak juga dapat menyebabkan peningkatan dari *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan penurunan melatonin dalam serum sehingga terjadi kerusakan oksidatif jaringan otak. Dikatakan juga bahwa radiasi elektromagnetik pada hipokampus dapat menghambat pelepasan neuron pada Cornu Ammonis hipokampus yang nantinya dapat menyebabkan penurunan kemampuan belajar dan memori (JIMKI, 2020).

b. Efek psikologis

Merupakan efek gelombang elektromagnetik terhadap kondisi kejiwaan manusia. Pengaruh ini adalah timbulnya stress akibat paparan berulang yang mengakibatkan gelombang elektromagnetik berpengaruh terhadap kesehatan yang ditandai dengan adanya perubahan keseimbangan kadar radikal bebas dalam sistem biologik (Wulan, dkk., 2015).

## **5. Jenis dan Perkembangan Teknologi Gawai**

### *a. Advance Mobile Phone System (AMPS)*

*Advance Mobile Phone System* merupakan generasi pertama pada teknologi selular. Merupakan *range* frekuensi antara 824 Mhz-894 Mhz. AMPS tidak menawarkan fitur lain yang umumnya digunakan pada layanan selular seperti *e-mail* dan *browsing di web* (Ririnda, 2012).

### *b. Global System for Mobile (GSM)*

*Global System for Mobile telecommunication* merupakan generasi kedua setelah AMPS. GSM mempunyai frekuensi 900 Mhz dan 1800 Mhz. GSM menyediakan layanan untuk mengirimkan data dengan kecepatan tinggi. (Ririnda, 2012).

### *c. Code Division Multiple Access (CDMA)*

*Code Division Multiple Access* merupakan generasi ketiga (3G), telepon tanpa kabel. CDMA menggunakan teknik penyebaran spectrum dan tidak memberikan pertanda pada frekuensi khusus pada setiap *user*. Di Indonesia, ditempati PT Mobile-8, Telecom, Telkomflexy dan Esia (Ririnda, 2012). Orang yang menggunakan *Handphone* cenderung menderita darah tinggi, dan gejala lain termasuk telinga jadi panas, nyeri kepala dan kelelahan (Tyagi, dkk., 2011)