

**DEPARTEMEN ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS PADJADJARAN
PUSAT MATA NASIONAL RUMAH SAKIT MATA CICENDO
BANDUNG**

Sari Kepustakaan : Fisiologi Penglihatan
Penyaji : Annisa Rahayu
Pembimbing : Susanti Natalya S., dr., SpM(K)., M.Kes

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh
Pembimbing

Susanti Natalya S., dr., SpM(K)., M.Kes

Jumat, 10 Mei 2019

Pukul 07.30 WIB

I. Pendahuluan

Penglihatan merupakan salah satu fungsi fisiologis yang penting bagi manusia. Objek pada lingkungan luar terlihat melalui cahaya yang dipantulkan oleh objek ke mata dan terjadi induksi sel-sel fotoreseptor retina sehingga energi cahaya diubah menjadi suatu impuls saraf. Cahaya yang masuk ke mata pertama-tama akan mengalami pembiasan oleh media refraksi untuk difokuskan tepat pada retina. Media refraksi meliputi kornea, humor akuos, lensa, dan badan vitreus. Masing-masing media refraksi memiliki peranan dan kekuatan refraksi tersendiri.¹⁻³

Proses visual diteruskan melalui deteksi sinyal cahaya oleh sel fotoreseptor pada lapisan luar retina. Sel fotoreseptor mengubah energi cahaya menjadi stimulus elektrik yang ditransmisikan ke sel bipolar, sel ganglion retina, saraf optik, nukleus genikulatum lateralis hingga korteks. Impuls saraf yang diterima oleh korteks akan melalui tahapan akhir, yaitu proses persepsi visual. Persepsi visual merupakan proses interpretasi akhir stimulus visual oleh korteks menjadi suatu informasi visual yang spesifik. Persepsi visual meliputi persepsi warna, persepsi gerak, persepsi ruang, dan persepsi kedalaman. Sari kepustakaan ini bertujuan untuk membahas rangkaian proses fisiologi visual diawali dari cahaya yang masuk ke mata hingga proses pembentukan persepsi visual dari bayangan yang diterima.^{1,4}

II. Fisiologi Penglihatan

Sistem visual meliputi pengambilan informasi dari luar dalam bentuk cahaya serta analisis dan interpretasi informasi visual. Proses penglihatan dan persepsi visual ini melibatkan sistem struktur yang kompleks, yang masing-masing dirancang untuk tujuan tertentu. Rangkaian proses penglihatan meliputi masuknya cahaya pada media refraksi, fototransduksi, pengiriman impuls melalui jaras penglihatan, serta interpretasi dan persepsi visual oleh korteks visual.^{1,5,6}

2.1 Media Refraksi

Komponen optik mata yang berperan sebagai media refraksi adalah kornea, humor akuos, lensa, dan badan vitreus. Cahaya yang masuk ke dalam mata mengalami pembiasan melewati media refraksi pada aksis visual, lalu ditangkap

oleh sel fotoreseptor retina. Aksis visual merupakan garis yang menghubungkan antara fovea sentralis retina dengan bagian anterior dari kornea, sedangkan aksis optik adalah garis yang menghubungkan antara poros anterior dengan poros posterior.^{1,5,7}

Apeks pada permukaan anterior kornea memberikan kekuatan refraksi terbesar. Permukaan kornea memiliki kelengkungan 7,7 mm pada bagian anterior dan 6,9 mm pada bagian posterior. Pertemuan antara udara dan air mata pada permukaan kornea membentuk kekuatan lensa positif 43 dioptri dan merupakan elemen media refraksi utama pada mata.^{4,6,7}

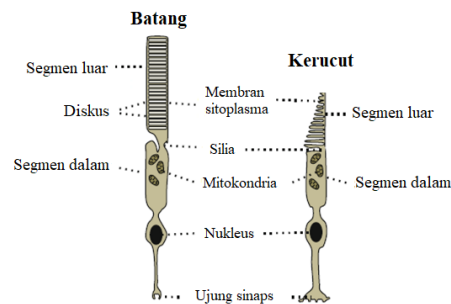
Kekuatan refraksi lensa memiliki kekuatan mencapai 20 dioptri dengan indeks refraksi 1,36 pada bagian perifer dan 1,4 pada bagian sentral. Lensa mata berakomodasi melalui kontraksi otot siliaris yang melepaskan regangan zonula sehingga lensa membulat ketika melihat objek dekat. Otot siliaris akan relaksasi dan lensa mendatar untuk penglihatan jauh. Badan vitreus adalah gel transparan dengan kandungan air 98% dan indeks refraksi 1,33 yang sama dengan indeks refraksi pada humor akuos. Vitreus meneruskan cahaya yang ditangkap menuju retina, serta sebagai tempat penyimpanan substansi kimia yang berperan dalam metabolisme retina.^{1,4,7}

2.2 Fototransduksi

Retina memiliki dua tipe sel fotoreseptor, yaitu sel kerucut dan sel batang. Fotoreseptor sel batang dan sel kerucut memiliki perbedaan morfologi, pigmen, dan distribusi pada retina. Masing-masing sel fotoreseptor tersusun atas segmen luar, segmen dalam, dan badan sel. Bentuk segmen luar fotoreseptor kerucut meruncing, sedangkan fotoreseptor sel batang tidak meruncing. Segmen luar tersusun atas 600-1000 diskus yang mengandung fotopigmen, enzim, dan protein yang terlibat dalam fototransduksi, yaitu opsin, rodopsin, transdusin, *phosphodiesterase (PDE)*, dan kromofor *11-cis-retinal*.^{5,8,9}

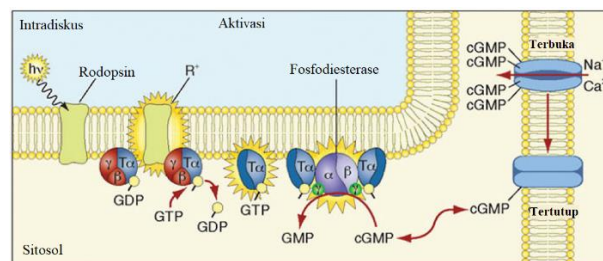
Fototransduksi merupakan proses penangkapan cahaya oleh fotoreseptor retina untuk diubah menjadi impuls saraf. Foton yang diterima menyebabkan perubahan konformasional pada fotopigmen, memicu terjadinya kaskade reaksi kimia yang

mengubah energi elektromagnetik menjadi stimulus elektrik. Fotoreseptor sel kerucut sensitif terhadap cahaya terang, terutama pada siang hari (fotopik). Fotoreseptor sel batang sensitif terhadap cahaya redup (skotopik). Proses fototransduksi terjadi di membran diskus segmen luar sel fotoreseptor.⁷⁻¹⁰



Gambar 2.1 Sel fotoreseptor retina
Dikutip dari: Skalicky⁹

Penangkapan cahaya oleh rodopsin pada segmen luar fotoreseptor menyebabkan isomerisasi ikatan ganda *11-cis-retinal* menjadi *all-trans-retinal* sehingga molekul opsin akan mengalami perubahan konfigurasi menjadi fase aktif, yaitu *metarodopsin II*. Rodopsin aktif akan memulai reaksi yang memberikan aliran masuk kation ke segmen luar sel batang, melalui kanal *cyclic guanosine monophosphate* (cGMP). Rodopsin akan mengaktifkan molekul kedua yaitu transdusin. Satu molekul rodopsin dapat mengaktifkan hingga 100 transdusin. Transdusin yang telah aktif akan memberikan sinyal pada protein ketiga, yaitu *rod phosphodiesterase* (*rod PDE*). *Rod PDE* akan menyebabkan terjadinya hidrolisis cGMP menjadi *5'noncyclic-GMP*.^{1,6,9}



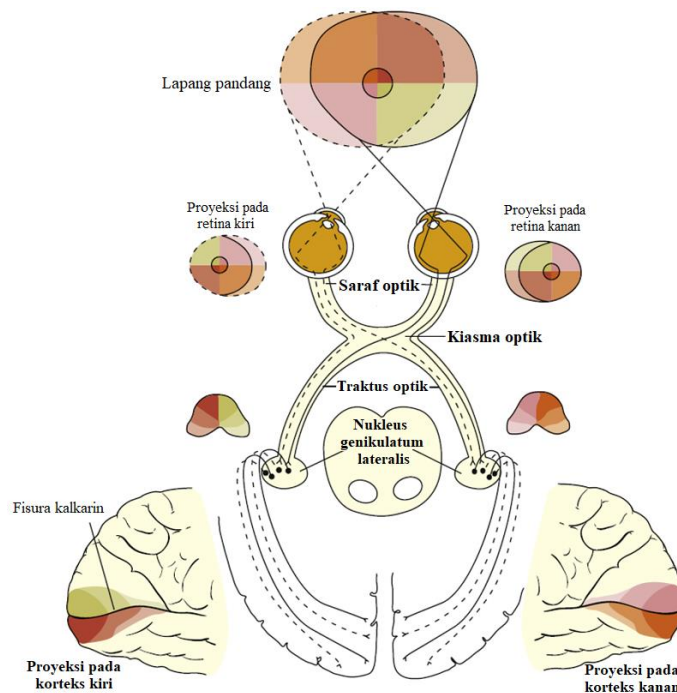
Gambar 2.2 Kaskade fototransduksi pada segmen luar fotoreseptor.
Dikutip dari: Cantor LB dkk.⁷

Penurunan cGMP menyebabkan kanal ion tertutup dan menghentikan aliran masuk Na^+ dan Ca^{2+} sehingga sel fotoreseptor mengalami hiperpolarisasi.

Hiperpolarisasi sel fotoreseptor menyebabkan pelepasan glutamat terhenti dari terminal sinaps. Penurunan kadar glutamat memicu sel bipolar-*off* hiperpolarisasi dan sel bipolar-*on* depolarisasi. Seluruh sel batang akan bersinaps dengan sel bipolar-*on*. Sel kerucut akan bersinaps dengan sel bipolar-*off* dan sel bipolar-*on*. Sel bipolar akan meneruskan impuls saraf menuju sel ganglion retina.^{5,7,9}

2.3 Jaras Penglihatan

Jaras penglihatan merupakan rangkaian proses pengiriman informasi visual yang terdapat pada impuls saraf menuju korteks visual. Retina meneruskan impuls saraf ke saraf optik, kiasma optik, traktus optik, badan genikulatum lateralis, radiasi optik hingga korteks visual. Korteks visual terdiri dari area korteks visual primer dan sekunder. Area lain yang berhubungan dengan penglihatan adalah area korteks frontal.^{1,5}



Gambar 2.3 Jaras penglihatan.

Dikutip dari: Remington LA⁵

Sel ganglion retina menerima impuls saraf dari sel bipolar, kemudian sebanyak 1-1,2 juta serabut saraf sel ganglion bersatu menuju diskus optik dan melewati lamina kribosa memasuki rongga orbita. Serabut saraf bagian nasal retina tersusun

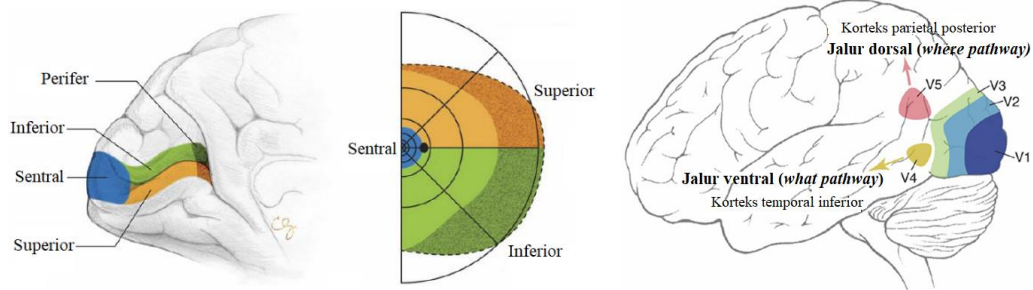
dalam pola radial sederhana. Serabut saraf bagian temporal membentuk berkas papilomakular yang menuju langsung ke diskus. Serabut paling medial merupakan serabut retina bagian nasal, sedangkan area lateral mewakili serabut temporal. Serabut makula yang menyusun sepertiga dari serabut saraf optik, terletak pada bagian lateral. Serabut retina nasal berdekusasi pada kiasma optik dan memasuki traktus optik kontralateral. Serabut saraf akan sedikit melengkung pada area *knee of Wilbrand* sebelum berdekusasi ke kontralateral. Serabut saraf retina temporal memasuki traktus optik secara ipsilateral.^{5,9,11}

Korpus genikulatum lateralis terletak di posterior talamus dan terdiri dari enam lapisan. Empat lapis bagian superior merupakan terminal dari akson neuron parvoselular, sedangkan dua lapis bagian inferior merupakan terminal dari akson neuron magnoselular. Jalur magnoselular berkaitan dengan persepsi gerak dan kedalaman. Jalur parvoselular berhubungan dengan fungsi spasial dan persepsi warna. Serabut saraf retina bagian perifer akan berakhir di bagian anterior. Serabut saraf kuadran atas retina berakhir di sisi medial. Serabut saraf kuadran makula berakhir di tengah dan posterior nukleus. Akson yang berasal dari serabut saraf kontralateral akan berakhir di lapisan ke-1, 4, dan 6, sedangkan akson yang berasal dari serabut saraf ipsilateral akan berterminasi pada lapisan ke-2, 3, dan 5. Impuls saraf kemudian akan diteruskan melalui radiasi optik menuju korteks area visual primer.^{5,8,9}

2.4 Korteks Visual

Korteks visual terbagi menjadi area visual primer (*Broadmann's area 17*) dan area visual sekunder (*Broadmann's area 18 dan 19*). Area visual primer terletak di bagian superior dan inferior sulkus kalkarin korteks oksipital, memanjang ke anterior hingga sulkus parieto-oksipital. Setiap sisi area visual primer menerima serabut aferen dari bagian temporal sisi ipsilateral dan bagian nasal sisi kontralateral. Lapang pandang kanan direpresentasikan pada hemisfer serebral kiri, dan lapang pandang kiri pada hemisfer serebral kanan. Serabut saraf dari retina kuadran superior yang merepresentasikan lapang pandang inferior menuju ke superior sulkus kalkarin. Serabut saraf dari retina kuadran inferior yang

merepresentasikan lapang pandang superior, menuju ke inferior sulcus kalkarin. Bagian posterior area visual primer merepresentasikan bagian makula lutea.^{5,7,9,11}



Gambar 2.4 Kortex area visual primer dan sekunder.
Dikutip dari: Cantor LB¹¹

Area visual sekunder (*Broadmann area 18*) terletak berdekatan dengan area visual primer. Area ini tidak memiliki striata dan secara histologis menunjukkan enam lapisan. Area asosiasi sekunder menerima impuls saraf dari area visual primer (V1) dan badan genikulatum lateralis. Fungsi area visual sekunder adalah menghubungkan dan menganalisis informasi visual yang diterima oleh area visual primer. Informasi yang dianalisis memungkinkan individu untuk mengenali dan mengapresiasi apa yang dilihat, seperti warna, bentuk, pergerakan, dan disparitas binokular. Area visual sekunder meliputi area visual 2 (V2), area visual 3 (V3), area visual 4 (V4), dan area temporal tengah atau disebut juga area visual 5 (V5).^{5,8,9,11}

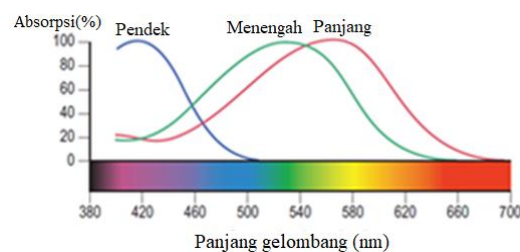
Area V2 menerima informasi dari area visual primer V1 dan mengatur informasi ke area visual sekunder lainnya. Informasi visual akan diproyeksikan ke dua jalur yaitu jalur ventral (*what pathway*) dan jalur dorsal (*where pathway*). Jalur ventral membawa informasi bentuk, warna, dan pengenalan objek melalui V4 menuju korteks temporal. Jalur dorsal membawa informasi arah dan pergerakan melalui V3 dan V5 menuju korteks parietal. Area pada V5 terdiri dari neuron selektif yang berorientasi pada arah dan kecepatan pergerakan objek, disparitas binokuler, serta kontras gerak. Area V3 terlibat dalam pengenalan informasi warna, orientasi, pergerakan, dan stereopsis. Area V4 terlibat dalam pengenalan objek dan sensitivitas warna.^{8,9,11}

2.5 Persepsi Visual

Persepsi visual adalah hasil akhir proses interpretasi dari respons sensorik yang dibuat oleh retina ke rangsangan visual oleh korteks. Persepsi visual terdiri dari persepsi warna, persepsi ruang, persepsi gerak, dan persepsi kedalaman. Jalur ventral membawa informasi bentuk dan identitas objek. Jalur dorsal membawa informasi lokasi objek dan hubungan spasial.^{1,11,12}

2.5.1 Persepsi Warna

Warna merupakan sensori subjektif yang diproses melalui stimulasi sel kerucut oleh cahaya spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang 380 nm - 760 nm. Persepsi warna normal, trikromatik, dimediasi oleh tiga tipe fotopigmen fotoreseptor sel kerucut yang sensitif terhadap cahaya dengan panjang gelombang yang pendek, menengah, dan panjang. Fotoreseptor sel kerucut yang sensitif pada cahaya dengan panjang gelombang pendek memiliki puncak sensitivitas pada warna biru (415 nm), gelombang menengah pada warna hijau (530 nm), dan gelombang panjang pada warna merah (560 nm).^{1,4,9}



Gambar 2.5 Absorpsi spektrum dari tiga tipe fotopigmen sel kerucut, gelombang pendek, menengah, dan panjang.
Dikutip dari: Levin LA dkk.⁶

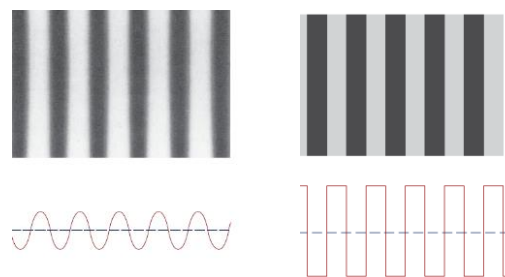
Warna dapat dinilai melalui tiga kualitas, yaitu rona (*hue*), saturasi, dan tingkat intensitas cahaya. Rona dideteksi oleh penjumlahan respon dari beberapa fotoreseptor yang dideduksi ke dalam gelombang spektrum. Perbandingan dari tingkat penyerapan oleh tiga tipe sel kerucut memberikan empat persepsi rona utama yaitu biru, kuning, merah, dan hijau.^{1,4,9}

Saturasi merupakan dilusi rona oleh warna putih. Rona murni memiliki saturasi komplit, dan dapat mengalami desaturasi hingga tercapai warna putih. Intensitas cahaya bervariasi dari cahaya redup hingga cahaya menyilaukan. Pergeseran

kromatik yang terjadi saat intensitas meningkat hingga seluruh rona tampak kuning-putih dinamakan fenomena *Bezold-Bruckle*, sedangkan saat intensitas menurun hingga seluruh warna tampak akromatik dinamakan *Purkinje shift*.^{1,6,9}

2.5.2 Persepsi Ruang

Penglihatan spasial, berkaitan erat dengan luminans yang melewati suatu ruang. Stimulus sederhana untuk persepsi ruang adalah *sine wave gratings*. *Sine wave gratings* terdiri dari kisi-kisi batang terang dan gelap secara bergantian. Puncak luminans digambarkan dengan batang yang terang, dan tidak adanya cahaya dengan batang yang gelap. Transisi dari batang terang ke gelap bersifat gradual. Karakteristik dari *sine wave grating* yaitu frekuensi, kontras, fase, dan orientasi.^{4,9}



Gambar 2.6 *Sine wave* (kiri) dan *square wave gratings* (kanan).
Dikutip dari: Schwartz⁴

Frekuensi spasial dari kisi dinyatakan dalam jumlah siklus/derajat sudut visual atau jumlah siklus per unit ruang. Kontras berkaitan dengan profil luminans, dinyatakan sebagai selisih antara luminans puncak dan rerata luminans dibagi dengan rerata luminans kisi ($\text{kontras} = \Delta I / I_{\text{average}}$) atau selisih luminans per jumlah luminans ($\text{kontras} = [I_{\text{max}} - I_{\text{min}}] / [I_{\text{max}} + I_{\text{min}}]$). Kontras bernilai 0% hingga 100%. Fase merupakan posisi *sine wave grating* satu dengan yang lainnya. Orientasi merupakan sudut yang terbentuk oleh kisi. Beberapa stimulus *sine wave* dapat membentuk stimulus yang lebih kompleks, yaitu *square wave gratings*.^{4,9}

2.5.3 Persepsi Gerak

Perubahan distribusi cahaya yang jatuh pada retina dari waktu ke waktu menyebabkan terbentuknya persepsi gerak. Pergerakan yang kita lihat diklasifikasikan menjadi gerak nyata atau ilusi. Ketika melihat mobil berjalan,

perubahan distribusi cahaya pada retina dari waktu ke waktu menimbulkan persepsi bahwa mobil tersebut bergerak. Bayangan benda pada retina yang terlihat semakin besar akan dipersepsikan bergerak mendekat, begitupula sebaliknya ketika semakin kecil akan tampak bergerak menjauh. Deretan lampu-lampu yang berkedip secara berurutan, dengan interval yang sama di antara kilatannya, akan menimbulkan ilusi gerak. Ilusi gerak tersebut dinamakan gerak stroboskopik atau fenomena *phi*.^{1,4}

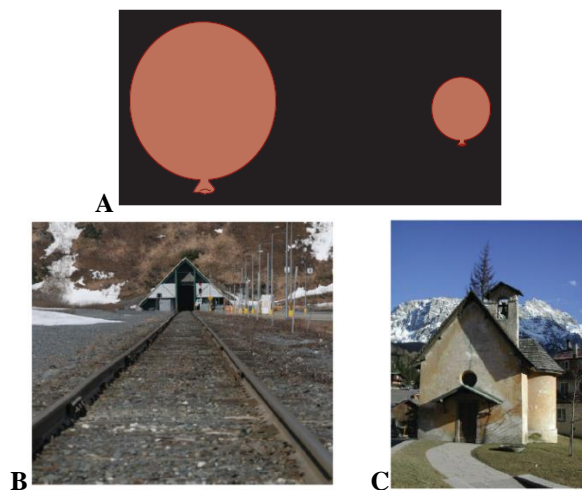
Persepsi gerak juga dapat terbentuk dari stimulus yang lebih rumit, seperti ketika melihat manusia berlari. Retina menangkap masing-masing pergerakan dari kaki maupun tangan pelari. Rangsangan yang diterima akan membentuk suatu kesatuan bahwa manusia tersebut sedang berlari. Rangsangan ini merupakan rangsangan tingkat kedua, dan diproses melalui jalur yang berbeda dengan rangsangan tingkat pertama.^{1,4}

Sebagian besar informasi gerak dibawa oleh jalur dorsal, terutama pergerakan dengan kecepatan tinggi. Jalur ventral memiliki peran yang lebih sedikit dan diperkirakan berperan pada stimulus berkecepatan rendah. Informasi gerak diteruskan dari korteks striata melalui area V5 menuju korteks prefrontal. Sel pada area V5 memberikan respon terhadap stimuli global. Pergeseran bayangan gambar pada retina terjadi pada gerakan mata yang cepat, namun melalui persepsi visual, otak berkompensasi agar gambar tetap stabil.^{4,13}

2.5.4 Persepsi Kedalaman

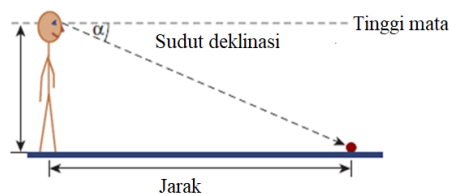
Persepsi kedalaman didapatkan melalui penglihatan binokuler, walaupun dengan penglihatan monokuler persepsi mengenai kedalaman tetap kuat. Stimulus kedalaman monokuler terbagi pada piktorial, *angular declination*, gerak paralaks, dan akomodasi. Persepsi kedalaman binokuler terbagi pada stereopsis dan konvergensi. Piktorial dapat direpresentasikan dalam dua dimensi, seperti foto atau lukisan. Piktorial terdiri dari ukuran relatif, ukuran familiar, perspektif linear, tekstur, interposisi, kejernihan, serta cahaya dan bayangan. Ukuran relatif merupakan persepsi jarak benda yang timbul akibat ukuran benda yang berbeda. Benda yang lebih kecil terlihat lebih jauh dan benda yang lebih besar dipersepsikan terletak lebih dekat. Perspektif linier merupakan persepsi kedalaman yang

diciptakan oleh garis linier. Persepsi kedalaman dapat terbentuk dari perbedaan tekstur benda. Benda dengan tampilan tekstur yang detil terlihat lebih dekat dibandingkan dengan benda dengan tekstur yang nampak lebih halus. Interposisi merupakan persepsi jarak yang timbul akibat terhalangnya suatu objek oleh objek lainnya, sehingga me sedangkan pada kejernihan objek terhalang oleh asap .^{4,14}



Gambar 2.7 Stimulus piktorial: (A) ukuran relatif; (B) perspektif linear; (C) interposisi.
Dikutip dari: Schwartz⁴

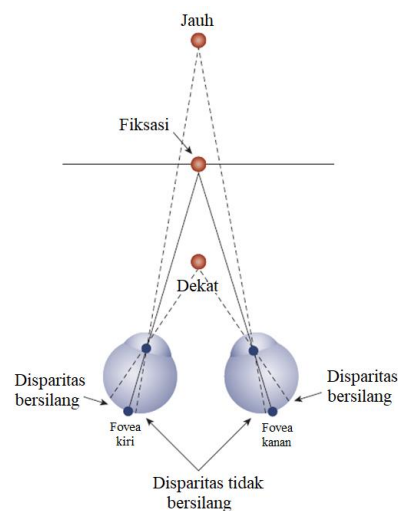
Angular declination adalah sudut yang dibentuk antara objek dengan garis datar dan posisi mata. Sistem visual ini digunakan untuk mengukur jarak objek. Gerak paralaks adalah stimulus kedalaman kinetik monokuler yang dibentuk akibat observer yang bergerak memfiksasi suatu objek sambil memperhatikan benda-benda sekitar yang bergerak secara relatif. Sensasi gerak relatif memberikan informasi mengenai jarak relatif.^{1,4}



Gambar 2.8 Angular declination
Sumber: Schwartz⁴

Persepsi kedalaman binokuler yang terbentuk oleh disparitas retina dinamakan stereopsis. Perbedaan disparitas dua bayangan retina memungkinkan sistem visual

merekonstruksi kedalaman dari proyeksi bayangan dua dimensi. Stereopsis merupakan kontributor penting untuk mempersepsikan kedalaman pada jarak dekat. Disparitas retina menghasilkan stereopsis hanya ketika perbedaan bayangan yang terbentuk cukup kecil untuk memungkinkan fusi. Jika perbedaan terlalu besar, gambar jatuh pada retina dengan arah yang sangat berbeda, menghasilkan diplopia fisiologis.^{4,6,14}



Gambar 2.9 Disparitas retina
Sumber: Schwartz⁴

III. Simpulan

Penglihatan adalah salah satu fungsi fisiologis yang penting bagi manusia. Cahaya dari luar yang masuk ke dalam mata akan mengalami pembiasan melalui media refraksi, yaitu kornea, humor akuos, lensa, dan badan vitreus. Cahaya yang masuk akan memberikan stimulus pada sel fotoreseptor retina. Stimulus cahaya pada sel fotoreseptor akan diubah menjadi impuls saraf yang membawa informasi penglihatan dan akan diteruskan melalui jaras penglihatan ke korteks otak. Informasi visual yang terkandung akan diproses menjadi suatu persepsi visual. Persepsi visual meliputi warna, gerakan, bentuk, dan kedalaman sehingga menghasilkan persepsi bayangan yang diterima secara lebih kompleks serta menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Forrester J V, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. *The Eye: Basic Science in Practice*. Edisi ke-4. Edinburgh: Elsevier; 2016. hlm. 269-336.
2. Moschos MM. *Physiology and Psychology of Vision and Its Disorders: A Review*. *Med Hypothesis, Discov Innov Ophthalmol J*. 2014;3(3):83–90.
3. Kennedy JF. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. Edisi ke-32. United States of America: Elsevier Saunders; 2012. hlm. 2066.
4. Schwartz SH. *Visual Perception: A Clinical Orientation*. Edisi ke-4. United States: McGraw-Hill; 2010. hlm. 169-236.
5. Remington LA. *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System*. Edisi ke-3. Missouri: Elsevier Butterworth Heinemann; 2012. hlm. 233-50.
6. Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve J Ver, Wu SM. *Adler's Physiology of The Eye*. Edisi ke-11. Edinburgh: Saunders Elsevier; 2011. hlm. 613-712.
7. Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA. *The Eye*. Dalam: *American Academy of Ophthalmology. Basic Clinical Science Course Section 2: Fundamentals and Principles of Ophthalmology*. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2018. hlm. 44-8.
8. De Moraes CG. *Anatomy of the visual pathways*. *J Glaucoma*. 2013;22(5 SUPPL.1):2–7.
9. Skalicky SE. *Ocular and Visual Physiology: Clinical Application*. Sydney: Springer; 2015. hlm. 207-359.
10. Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA. *Basic Anatomy*. Dalam: *American Academy of Ophthalmology. Basic Clinical Science Course Section 12: Retina and Vitreous*. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2018. hlm. 27–32.
11. Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA. *Neuro-Ophthalmic Anatomy*. Dalam: *American Academy of Ophthalmology. Basic Clinical Science Course Section 5: Neuro-Ophthalmology*. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2018. hlm. 30–3.
12. Freud E, Plaut DC, Behrmann M. 'What' Is Happening in the Dorsal Visual Pathway. *Trends Cogn Sci*. 2016;20(10):773–84.
13. Cavanaugh J, Berman RA, Joiner WM, Wurtz RH. *Saccadic Corollary Discharge Underlies Stable Visual Perception*. *J Neurosci*. 2016;36(1):31–42.
14. Verhoef B, Vogels R, Janssen P, Janssen P. *Binocular depth processing in the ventral visual pathway*. 2016;371(1):1-11.