

Fisiologi Persepsi Visual

Willy Agung Rustyawan, dr / dr. Dianita Veulina Ginting, Sp.M

PMN RS Mata Cicendo Bandung / Ilmu Kesehatan Mata FK UNPAD

I. Pendahuluan

Sistem penglihatan merupakan aspek fungsi fisiologis yang penting untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Ruang lingkup penglihatan meliputi pencahayaan, sensitivitas kontras, persepsi warna, persepsi kedalaman, dan persepsi gerak yang semuanya terintegrasi sebagai persepsi visual. Kortek visual merupakan pusat dari proses interpretasi komponen persepsi visual.¹⁻³

Persepsi visual merupakan suatu proses akhir pengolahan respon sensorik yang diterima oleh retina di korteks visual. Beberapa kelainan persepsi visual antara lain kesulitan dalam interpretasi objek, warna, jarak dan benda yang bergerak. Pemahaman kelainan persepsi visual penting karena mempengaruhi kualitas hidup.^{1,4,5}

Sistem penglihatan menghasilkan informasi visual dengan persepsi yang berbeda meliputi gerakan, warna, dan kedalaman. Individu dengan kelainan persepsi visual dapat mengeluhkan sulitnya mengenali objek, menentukan warna, menentukan jarak, atau melihat benda bergerak.⁶⁻⁸ Tujuan sari kepustakaan ini untuk memahami komponen-komponen dalam proses persepsi visual.

II. Fisiologi Persepsi Visual

Proses visual merupakan kemampuan untuk mengenali objek dan mengelola informasi objek tersebut. Proses visual terdiri dari beberapa tahap antara lain menentukan lokasi objek, pembedaan antar objek, pengenalan objek, pengidentifikasian objek, serta penunjukan lokasi spasial. Proses visual memiliki peran pada pergerakan, pola, dan warna benda serta integrasi informasi objek dalam input visual. Hasil proses visual penting untuk seorang individu dalam berinteraksi dengan lingkungannya.⁸⁻¹⁰

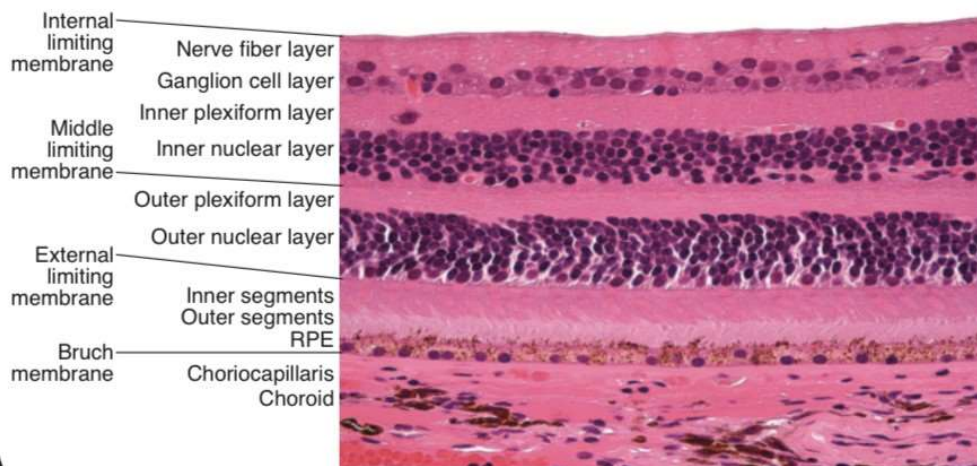
Persepsi visual merupakan hasil konversi korteks visual otak dengan menafsirkan sinar cahaya dari lingkungan yang difokuskan pada makula retina. Aspek utama persepsi visual yaitu, ketajaman visual, penglihatan warna, penglihatan malam, persepsi gerakan, dan persepsi kedalaman. Spektrum cahaya merupakan spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 390 nm

dan 750 nm. Retina memiliki fungsi menerima spektrum cahaya oleh fotoreseptor retina, yaitu sel batang dan sel kerucut.^{5,11,12}

Fotoreseptor retina merupakan bagian retina yang sensitif terhadap rangsangan cahaya. Sel batang dan sel kerucut merupakan bagian fotoreseptor dari retina yang memiliki perbedaan pada morfologi, pigmen, dan distribusi. Fotoreseptor sel batang sensitif terhadap visualisasi dalam cahaya redup atau skotopik, sedangkan sel kerucut sensitif terhadap cahaya terang atau fotopik.^{6,13,14}

2.1 Retina

Retina menganalisis cahaya yang masuk dan mengubahnya menjadi sinyal saraf kompleks yang ditransmisikan ke pusat visual untuk proses persepsi visual. Struktur retina memiliki beberapa lapisan. Lapisan retina terbagi menjadi epitel pigmen retina, lapisan fotoreseptor, membran limitan luar, lapisan inti luar, lapisan pleksiform luar, membran limitan tengah, lapisan inti dalam, lapisan pleksiform dalam, lapisan sel ganglion, lapisan serabut saraf, dan membran limitan dalam.^{3,5,14}



Gambar 2.1 Struktur lapisan retina

Dikutip dari: Kim SJ, dkk.⁷

Retina terdiri dari dua jenis sel fotoreseptor yaitu sel batang dan sel kerucut. Terdapat 115 juta sel batang dan 6,5 juta sel kerucut di retina. Distribusi jumlah sel kerucut dan sel batang bervariasi tergantung letak di retina. Jumlah sel batang

mendominasi bagian perifer retina sedangkan jumlah sel kerucut mendominasi pada bagian fovea retina. Sel batang merupakan sel yang berperan untuk penglihatan skotopik, atau penglihatan cahaya redup. Sel kerucut berperan dalam penglihatan cahaya terang dan penglihatan warna.^{5,14,15}

Proses visual terjadi saat sel fotoreseptor retina mendeteksi adanya cahaya. Sel fotoreseptor mendapatkan stimulus dan mentransmisikan melalui neuron retina. Sel ganglion menerima input dari sel fotoreseptor untuk ditransmisikan ke nervus optikus.^{3,12,15}

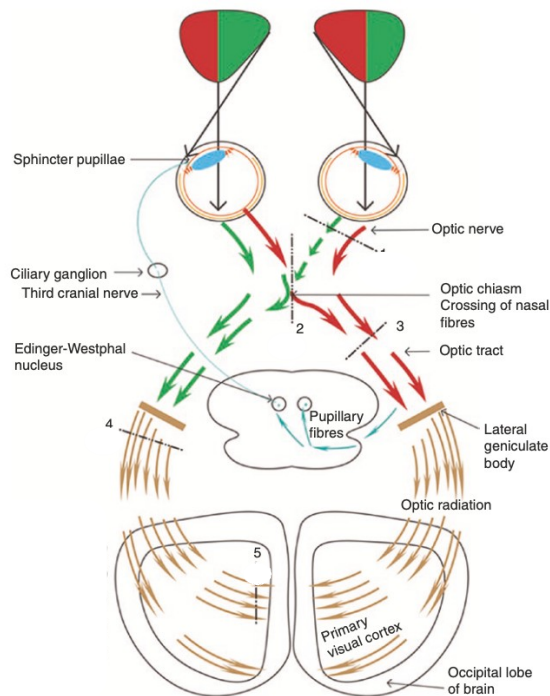
2.2 Jaras Penglihatan

Jaras penglihatan bermula dari retina hingga korteks visual. Retina mengirimkan impuls saraf dari sel bipolar menuju sel ganglion hingga ke nervus optikus dan selanjutnya impuls tersebut menuju kiasma optikus. Kiasma optikus memiliki serabut saraf makula yang berjalan ipsilateral, berasal dari bagian temporal retina dan serabut saraf yang berjalan kontralateral berasal dari nasal retina. Proses jaras penglihatan selanjutnya melalui kiasma optikus menuju traktus optikus.^{5,14,16}

Serabut saraf traktus optikus membawa impuls saraf ke badan genikulatum lateralis, nukleus pretektalis, dan kolikulus superior. Impuls saraf pada badan genikulatum lateralis bergerak ke superior menuju radiasi optikus dan berakhir di korteks visual. Badan genikulatum lateralis memiliki enam lapisan. Impuls serabut saraf kontralateral dari nervus optikus berakhir di lapisan 1, 4, dan 6, sedangkan impuls serabut saraf ipsilateral dari nervus optikus berakhir di lapisan 2, 3, dan 5. Terdapat tiga jenis sel dalam badan genikulatum lateralis yaitu magnoselular, parvoselular dan konioselular. Lapisan 1 dan 2 menerima input serabut saraf dari magnoselular yang berperan dalam persepsi gerak dan penglihatan redup. Lapisan 3, 4, 5 dan 6 menerima input serabut saraf dari parvoselular yang berperan dalam persepsi warna merah hijau, resolusi spasial dan pengenalan pola. Konioselular terletak diantara setiap dua lapisan yang berperan dalam persepsi warna biru kuning.^{11,13,15}

Serabut saraf bagian inferior dari badan genikulatum lateralis berjalan ke anterior, kemudian menuju lateral dan posterior melalui lobus temporalis yang

disebut sebagai *Meyer loop*. Stimulus serabut saraf dari superior berjalan menuju posterior melalui lobus parietalis. Serabut saraf sentral makula berjalan lateral sedangkan serabut saraf perifer makula terpusat di bagian superior dan inferior dari radiasi optikus.^{5,15,17}



Gambar 2.2 Jarak penglihatan

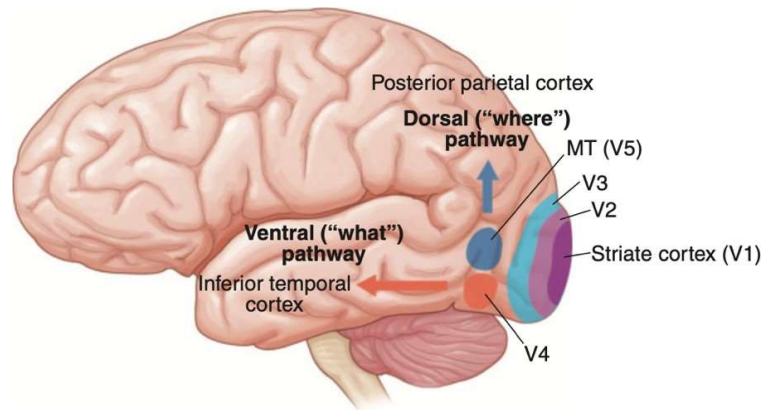
Dikutip dari: Liu C, dkk.⁵

2.3 Korteks Visual

Korteks visual memiliki fungsi utama untuk memproses informasi visual. Korteks visual mempunyai lima area berbeda berdasarkan klasifikasi struktural dan fungsional. Informasi visual lebih spesifik ketika informasi visual diteruskan pada setiap area kortikal. Neuron di korteks visual sering merespons rangsangan dalam bidang reseptif, area bidang visual yang mereka tanggapi, dan neuron di setiap area visual merespons berbagai jenis rangsangan. Korteks visual memiliki beberapa area yang disebut area V1 hingga area V5.^{12,14,15}

Area V1 merupakan korteks visual primer atau area *Broadmann 17*, yaitu area pertama dari daerah kortikal yang menerima dan memproses informasi. Area V1

memiliki enam lapisan, yang terdiri dari jenis dan fungsi sel yang berbeda. Lapisan 4 merupakan lokasi yang menerima informasi dari badan genikulatum lateralis dan memiliki konsentrasi sel sederhana tertinggi. Sel kompleks dapat ditemukan di lapisan 2, 3, dan 6. Area V1 merespons komponen visual sederhana seperti orientasi dan arah.^{12,14,18}



Gambar 2.3 Korteks visual primer

Dikutip dari: Bhatti MT, dkk.¹⁵

Area V2 merupakan korteks parastriata atau area *Broadmann* 18, yaitu area yang menerima informasi terintegrasi dari area V1. Peneliti telah mencatat sel-sel di wilayah ini merespons perbedaan warna, frekuensi spasial, pola yang cukup kompleks, dan orientasi objek. Area V2 mengirimkan koneksi umpan balik ke area V1 dan memiliki koneksi umpan balik dengan area V3-V5. Informasi yang meninggalkan area visual terbagi menjadi aliran dorsal dan ventral, yang berperan dalam memproses berbagai aspek informasi visual. Aliran dorsal berkaitan dengan pengenalan objek sedangkan aliran ventral berfokus pada tugas spasial dan keterampilan visual-motorik^{3,15,16}

2.4 Tipe Persepsi Visual

Terdapat proses penglihatan sehingga penglihatan dapat terjadi, yaitu pembiasan cahaya oleh mata untuk memfokuskan bayangan gambar pada retina dan proses interpretasi informasi visual di otak. Proses visual dimulai dari mendeteksi sinyal

cahaya oleh sel fotoreseptor di retina. Sel fotoreseptor mengubah energi cahaya menjadi impuls listrik kemudian diteruskan ke sel bipolar dan sel ganglion di retina.^{5,6,13}

Retina mentransmisikan informasi ke badan genikulatum lateralis. Kontak sinapsis dengan neuron di badan genikulatum lateralis yang diproyeksikan ke korteks serebral memungkinkan transmisi sinyal selanjutnya melalui radiasi optikus ke korteks visual. Proses transmisi sinapsis tahap selanjutnya berinteraksi dengan neuron lain dari sel kortikal visual di area korteks V3-V5. Proses transmisi sinyal berlanjut menjadi bayangan visual akhir.^{3,11,12}

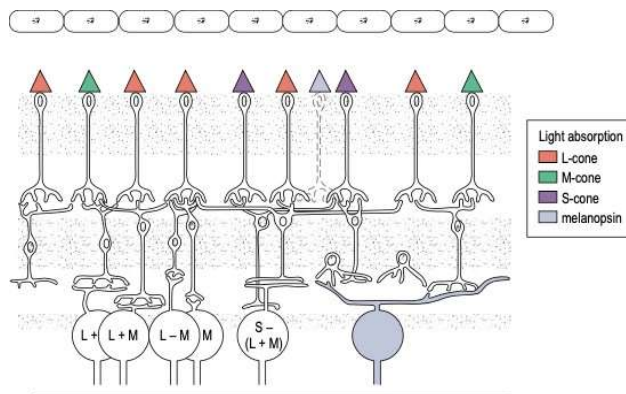
Impuls yang masuk ke mata kemudian menuju ke otak merupakan informasi visual yang bersifat kompleks. Informasi visual tersebut memiliki tipe spesifik yang terintegrasi sehingga bayangan objek dapat diinterpretasikan oleh otak dengan baik. Proses interpretasi informasi visual oleh otak disebut persepsi visual. Persepsi visual memiliki beberapa tipe yaitu persepsi warna, persepsi ruang, persepsi gerak, dan kedalaman.^{2,3,18}

2.4.1 Persepsi Warna

Persepsi warna terbentuk dari variasi panjang gelombang cahaya yang diterima oleh sel fotoreseptor di retina. Cahaya memiliki peranan penting dalam persepsi warna. Pola warna terjadi dengan cahaya gelombang yang disinari secara bervariasi menunjukkan bahwa dominasi gelombang tertentu yang dipantulkan dari suatu permukaan tidak hanya menentukan warna. Komposisi panjang gelombang cahaya yang dipantulkan dari permukaan juga berperan dalam penentuan warna.^{1,5,19}

Sel kerucut fotoreseptor memiliki fungsi untuk persepsi warna yang melalui protein opsin kerucut. Tiga jenis gelombang yang dapat diterima pada manusia yaitu sel kerucut dengan gelombang panjang sepanjang 560 nanometer memiliki sensitifitas terhadap warna merah, sel kerucut dengan gelombang sedang sepanjang 530 nanometer memiliki sensitifitas terhadap warna hijau, sel kerucut dengan gelombang pendek sepanjang 420 nanometer memiliki sensitifitas terhadap warna biru, masing-masing memiliki opsin spesifiknya tersendiri.^{3,8,11}

Opsin adalah protein yang menerima panjang gelombang cahaya. Mata menerima rangsang cahaya dengan satu panjang gelombang tertentu dan mengaktifkan satu jenis sel kerucut, maka warna yang diinterpretasikan merupakan warna yang sesuai dengan sel kerucut tersebut. Mata dapat menerima beberapa panjang gelombang cahaya secara bersamaan dan mengaktifkan lebih dari satu jenis sel kerucut, sehingga otak dapat menginterpretasikan warna tertentu dimana warna tersebut merupakan hasil dari penggabungan interpretasi ketiga reseptor yang disebut sebagai teori trikromatik. Mata manusia hanya memiliki tiga jenis sel kerucut, namun mata manusia dapat melihat berbagai spektrum warna.^{1,3,12}



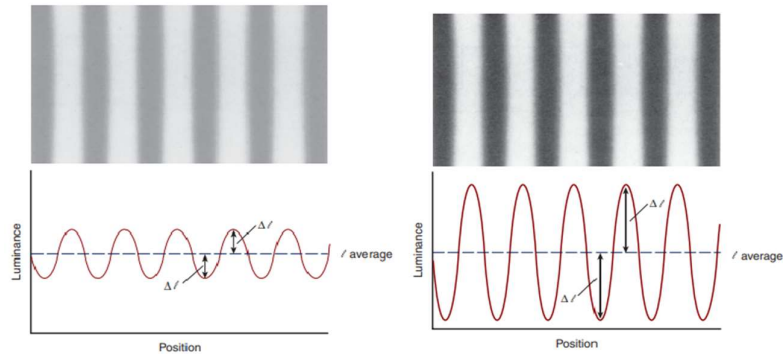
Gambar 2.4 Diagram skema yang memperlihatkan sel kerucut yang sensitif terhadap cahaya
Dikutip dari: Forrester JV, dkk.¹

2.4.2 Persepsi Ruang

Persepsi ruang berkaitan dengan adanya variasi jumlah pencahayaan di dalam ruangan. Proses terjadinya persepsi ruang berkaitan dengan istilah *sine wave gratings*. *Sine wave gratings* adalah suatu pola susunan batang berwarna gelap dan batang berwarna terang dengan transisi bersifat gradual. Batang yang berwarna gelap merupakan tanpa pencahayaan sedangkan batang yang berwarna terang memiliki pencahayaan maksimal.^{1,8,12}

Komponen *sine wave gratings* terdiri dari frekuensi, kontras, fase dan orientasi. Frekuensi merupakan jumlah dari perubahan pola gelap terang dalam suatu ruang.

Kontras didapatkan dari tinggi puncak gelombang atau seberapa rendah dasar gelombang dari titik tengah antara puncak dan dasar gelombang.^{12,15,20}



Gambar 2.5 Gratings spasial kontras rendah dan kontras tinggi
Dikutip dari: Schwartz, dkk.¹²

Fase gelombang didapatkan dari letak sebuah gelombang terhadap gelombang lainnya. Gelombang yang dimulai dengan puncak gelombang berbanding dengan gelombang yang dimulai dari dasar gelombang memiliki perbedaan fase 180 derajat. Orientasi merupakan sebuah sudut yang terbentuk dari *gratings* dengan suatu bidang.^{3,6,15}

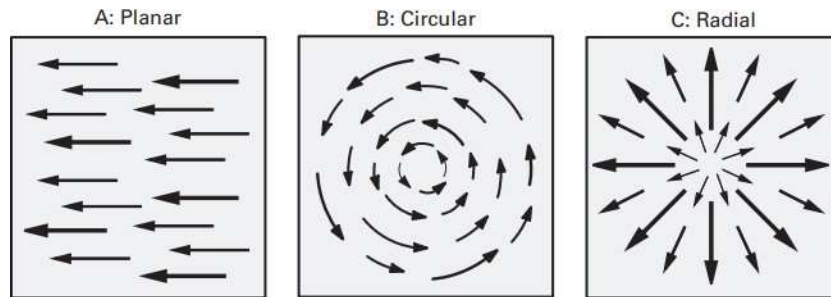
2.4.3 Persepsi Gerak

Persepsi gerak terbentuk dari perubahan distribusi cahaya spasial dari waktu ke waktu. Terjadi perubahan distribusi cahaya dalam benda ketika mata melihat benda yang bergerak. Gerakan yang terjadi secara berkelanjutan hasil dari pengamatan objek disekitarnya ditangkap sebagai suatu objek di retina.^{3,11,12}

Area pada korteks yang berperan untuk persepsi gerak terdapat pada area VI. Stimulus dari persepsi gerak secara selektif selanjutnya diproses pada gyrus medial temporal atau area V5. Area lain yang mempunyai peranan penting dalam persepsi gerak yaitu area sulkus superotemporal.^{8,9,12}

Persepsi gerak memiliki tiga gerakan utama, yaitu planar, sirkular, dan radial. Stimulus saraf yang dihasilkan dari berbagai arah gerakan planar ditemukan pada area korteks V1. Gerakan sirkuler merupakan gerakan yang terbentuk searah jarum

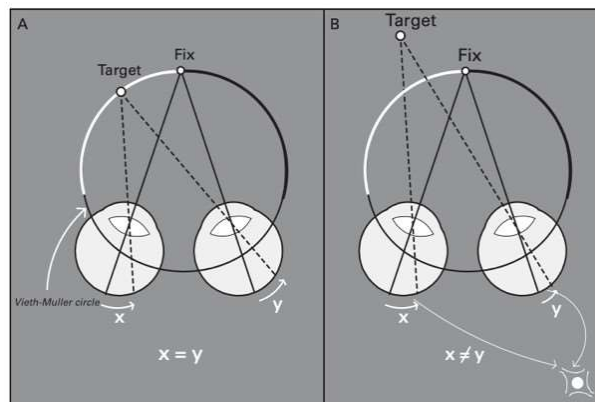
jam atau sebaliknya. Gerakan radial terbentuk dari tipe gerakan yang menjauhi sentral.^{5,10,11}



Gambar 2.6 Tipe gerakan. A. Planar, B. Sirkular, C. Radial
Dikutip dari: Skalicky SE, dkk.¹¹

2.4.4 Persepsi Kedalaman

Persepsi kedalaman merupakan suatu kemampuan mata dalam penglihatan tiga dimensi. Korteks oksipital bagian lateral berperan penting dalam terjadinya persepsi kedalaman. Persepsi kedalaman dibagi menjadi dua, yaitu penglihatan monokular dan penglihatan binokular.^{1,12,16}



Gambar 2.7 Proses penglihatan binokular. A. Target di area lingkaran Vieth – Muller, B. Target diluar area lingkaran Vieth - Muller
Dikutip dari: Schiller PH, dkk.³

Penglihatan binokular menentukan persepsi kedalaman menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan lapang pandang yang saling tumpang tindih antara lapang pandang

kanan dan kiri. Penglihatan binokular memiliki satu jenis persepsi kedalaman, yaitu *stereoscopic depth perception*.^{3,17,20}

Lingkaran *Vieth-Muller* terdapat pada kedua gambar penglihatan binokular. Target berada di lingkaran *Vieth-Muller* sehingga bayangan yang jatuh di fovea kedua mata sama atau ekuivalen sehingga menghasilkan gambaran tiga dimensi. Target berada diluar lingkaran *Vieth-Muller* sehingga bayangan jatuh non ekuivalen pada retina kanan dan kiri sehingga terbentuk disparitas bayangan.^{3,10,12}

III. Simpulan

Persepsi visual merupakan proses interpretasi impuls cahaya menjadi informasi yang spesifik di otak. Persepsi visual bermula dari retina yang diteruskan sampai di korteks visual sesuai jarak penglihatan. Informasi persepsi visual dapat berupa persepsi warna, ruang, gerak dan kedalaman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Forrester JV, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. The eye: basic sciences in practice, Edisi ke: 4. 2015. London: Elsevier;2015. hlm.130–56.
2. Bennet CR, Bex PJ, Bauer CM, Merabet LB. The assesment of visual function and functional vision. *Semin Pediatr Neurol*. 2019;31:30-40.
3. Schiller PH, Tehovnik EJ. Vision and the visual system. New York: McGraw Hill;2016. hlm. 1–23.
4. Gyllencreutz E, Aring E, Landgren V, Landgren M, Grönlund MA. Visual perception problems and quality of life in young adults with foetal alcohol spectrum disorders. *Acta Ophthalmol*. 2022;100(1):115–21.
5. Liu C, Lee H. Fundamentals in ophthalmic practice. Switzerland: Springer; 2020. hlm. 35-46.
6. Wade NJ, Swanston MT. Visual perception : an introduction. Edisi ke: 3. New York: Psychology Press; 2013. hlm. 4-23.
7. Kim SJ, Fawzi A, Kovach JL, Patel S, Recchia FM, Sobrin L, dkk. Retina and vitreous. Dalam: Basic and clinical science course. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm 7-13.
8. Miller NR, Subramanian PS, Patel VR. Walsh & hoyt’s clinical neuro-ophthalmology: The Essentials. Edisi ke: 4. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2022. hlm 26-8.
9. Sepulveda JA, Anderson AJ, Wood JM, McKendrick AM. Differential aging effects in motion perception tasks for central and peripheral vision. *Journal of Vision*. 2020. 20(5):8, 1-13.
10. Alais D, Keys R, Verstraten FAJ, Paffen CLE. Vestibular and active self-motion signals drive visual perception in binocular rivalry. *iScience*. 2021;24(12):103417.
11. Skaliky SE. Ocular and visual Physiology: clinical application. Sydney: Springer;2017. hlm.141–58.
12. Schwartz SH. Visual perception: a clinical orientation, Edisi ke: 5. New York: McGraw Hill;2017. hlm. 230.
13. Hugrass L, Verhellen T, Moerrall-Earney E, Mallon C, Crewther DP. The effects of red surrounds on visual magnocellular and parvocellular cortical processing and perception. *Journal of Vision*. 2018. 18(4),1-13.
14. Brar VS, Law SK, Lindsey JL, Mackey DA, Schultze RL, Silverstein E, dkk. Fundamental and principles of ophthalmology. Dalam: Basic and clinical science course. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm. 83-93.
15. Bhatti MT, Chen JJ, Danesh-Meyer HV, Levin LA, Moss HE, Philips PH, dkk. Neuro-Ophthalmology. Dalam: Basic and clinical science course. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm 5-56.
16. Huff T, Mahabadi N, Tadi P. Neuroanatomy, visual cortex. Diperbaharui pada 25 Juli 2022. Treasure Island: Stat Pearls Publishing LLC.

17. Rowe F. Visual fields via the visual pathway, Edisi ke: 2. London: CSC Press; 2016. hlm 1–23.
18. Remington LA. Clinical anatomy and physiology of the visual system, Edisi ke: 3. Missouri: Elsevier;2012. hlm.1–9.
19. Yue L, Castillo J, Gonzalez AC, Neitz J, Humayun MS. Restoring color perception to the blind: an electrical stimulation strategy of retina in patients with end-stage retinitis pigmentosa. *Ophthalmol.* 2021;128(3):453–62.
20. Karabela Y, Salman IA. Evaluation of stereoacuity and binocular functions in patients with anisometropic amblyopia via titmus, tno and synoptophore. *Haydarpasa Numune Med J.* 2022;62(3):346-352.