

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

Sari Kepustakaan : Jaras Penglihatan Sentral
Penyaji : Pieter Juanarta
Pembimbing : Rusti Hanindya Sari, dr., SpM(K)

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing

Rusti Hanindya Sari, dr., SpM(K)

Selasa, 20 Oktober 2020

Pukul 07.30 WIB

I. Pendahuluan

Penglihatan adalah kemampuan sensoris utama pada manusia. Kejernihan media refraktif dan hantaran saraf yang baik akan mempengaruhi penglihatan. Media refraktif dimulai dari kornea, akuos humor, lensa, badan vitreus, dan retina. Gangguan pada media refraktif menyebabkan bayangan tidak fokus pada makula, sehingga pandangan yang dihasilkan menjadi kabur.¹⁻³

Sel fotoreseptor pada retina akan mengubah cahaya menjadi impuls saraf melalui proses fototransduksi. Sel fotoreseptor akan meneruskan impuls saraf melalui sel bipolar dan sel ganglion pada retina. Akson sel ganglion akan menjadi nervus optikus yang masuk melalui diskus optikus pada bagian posterior mata menuju kiasma optikus. Pada kiasma optikus terjadi persilangan kedua nervus optikus nasal retina menuju sisi kontralateralnya.^{1,3,4}

Traktus optikus akan membawa impuls saraf dari kiasma optikus dan berakhir pada badan genikulatum lateralis. Impul saraf kemudian akan dibawa oleh radiasi optik dan berakhir di korteks visual. Korteks visual merupakan pusat proses penglihatan yang menerima hantaran saraf retina dan menghasilkan persepsi visual.²⁻⁴ Tujuan sari kepustakaan ini adalah menjelaskan tentang jaras visual aferen dan komponen-komponen yang berperan di dalamnya.

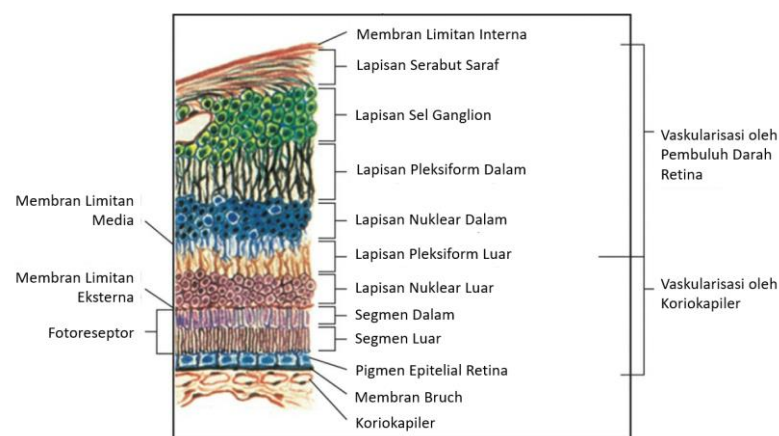
II. Jaras Visual Aferen

Jaras visual aferen dimulai dari retina dan berakhir pada korteks visual. Impuls saraf pada retina berjalan mulai dari sel fotoreseptor, sel bipolar, dan sel ganglion. Sel bipolar merupakan serabut saraf neuron tingkat pertama, sel ganglion sebagai serabut saraf neuron tingkat kedua, dan badan genikulatum lateralis sebagai serabut saraf neuron tingkat ketiga. Impuls akan berakhir di korteks visual dan berlanjut pada area visual ekstrasriata di lobus oksipital, parietal, dan temporal untuk proses pemahaman visual lanjutan.^{1,3,4}

2.1 Retina

Retina dibatasi oleh ora serrata di bagian anterior dan diskus optik di bagian posterior. Retina terdiri dari lapisan neurosensoris dan lapisan epitel pigmen retina (RPE). Lapisan retina terdiri dari membran limitan interna, lapisan serabut saraf,

lapisan sel ganglion, lapisan pleksiform dalam, lapisan nuklear dalam, membran limitan media, lapisan pleksiform luar, lapisan nuklear luar, membran limitan dalam, segmen dalam, dan segmen luar fotoreseptor. Sel retina terdiri dari sel saraf retina, sel interneuron, dan sel pendukung. Sel saraf retina terdiri dari sel fotoreseptor, sel bipolar, dan sel ganglion. Sel interneuron terdiri dari sel horizontal, sel interpleksiform, dan sel amakrin. Sel pendukung terdiri dari sel Muller, astrosit, dan mikroglia.^{2,5,6}



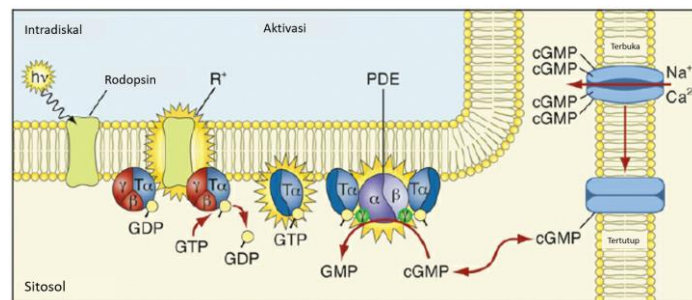
Gambar 2.1 Lapisan Neurosensoris Retina

Dikutip dari: Orth dkk.⁴

Sel fotoreseptor terdiri dari sel batang dan sel kerucut. Sel batang berperan pada penglihatan skotopik, sedangkan sel kerucut berperan pada penglihatan fotopik dan persepsi warna. Makula memiliki jumlah fotoreseptor kerucut terbanyak dan merupakan daerah dengan ketajaman penglihatan yang terbaik. Fototransduksi yang terjadi pada sel fotoreseptor merupakan proses perubahan energi cahaya menjadi impuls saraf yang diteruskan ke otak. Segmen luar fotoreseptor mempunyai *cyclic nucleotide gated channel* (CNG) yang diaktivasi oleh *cyclic guanosine monophosphate* (cGMP). Kanal ini berfungsi untuk memasukkan sodium dan kalsium ke dalam sel fotoreseptor. Aliran ion menyebabkan fotoreseptor terdepolarisasi dan mengeluarkan glutamat untuk hiperpolarisasi sel bipolar.^{2-4,7}

Fototransduksi dimulai dengan aktivasi rodopsin oleh cahaya. Opsin akan diaktivasi menjadi *metarhodopsin* dan *11-cis-retinal* akan diubah menjadi *all trans retinal*. Hal ini akan menyebabkan transdusin teraktivasi dan menyebabkan

perubahan *guanosine diphosphate* (GDP) menjadi *guanosine triphosphate* (GTP). Aktivasi transdusin akan mengaktivasi cGMP fosfodiesterase dan merubah cGMP menjadi *5'-noncyclic GMP*. Penurunan konsentrasi cGMP akan menyebabkan penutupan kanal CNG, dan mencegah sodium dan kalsium masuk ke dalam fotoreseptor. Hal ini menyebabkan hiperpolarisasi sel fotoreseptor.^{4,5,8}



Gambar 2.2 Proses Fototransduksi
Dikutip dari: Molday dkk.⁴

Fotoreseptor akan mengirimkan impuls saraf pada sel bipolar, dan sel ganglion retina. Makula merupakan pusat penglihatan utama, dimana satu sel kerucut akan mengirimkan impuls pada satu sel bipolar dan satu sel ganglion. Hal ini mempengaruhi kecepatan dan akurasi dari penglihatan makula. Sel ganglion dapat dibagi menjadi sel besar atau sel magnoselular, dan sel kecil atau sel parvoselular. Sel parvoselular akan mengeluarkan respon yang bergantung dari panjang gelombang cahaya yang masuk. Akson sel parvoselular dan sel magnoselular berakhir pada neuron parvoselular dan neuron magnoselular dari badan genikulatum lateralis.^{3-5,9,10}

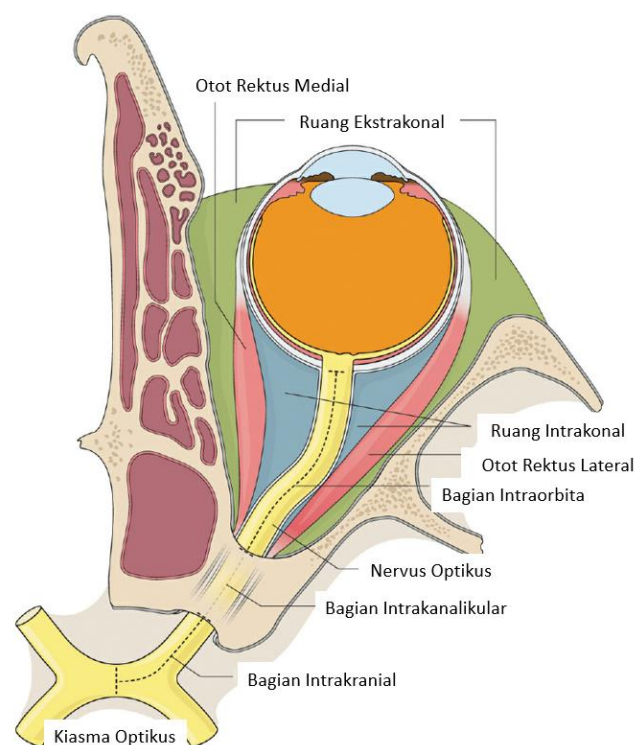
Vaskularisasi lapisan retina dikelompokkan menjadi dua perdarahan utama. Pembuluh darah retina sentral terbagi menjadi pleksus superfisial yang memperdarahi lapisan sel ganglion dan pleksus dalam untuk lapisan nukleus dalam. Koriokapiler memperdarahi lapisan pleksiform luar hingga segmen luar fotoreseptor.^{3,4,8}

2.2 Nervus Optikus

Nervus optikus mempunyai panjang sekitar lima cm dan dilapisi oleh oligodendrosit. Nervus optikus terdiri dari satu juta akson yang berasal dari akson sel ganglion retina menuju badan genikulatum lateralis. Topografi membagi nervus

optikus menjadi empat bagian, yaitu bagian intraokular, intraorbital, intrakanalikular, dan intrakranial.^{1,4,5}

Bagian intraokular mempunyai panjang sekitar 1 mm. Akson sel ganglion akan berpindah dari area bertekanan tinggi dalam bola mata ke area bertekanan rendah di belakang bola mata. Vaskularisasi nervus optikus berasal dari percabangan arteri oftalmika. Mielin akan melapisi akson pada bagian ini. Lamina kribrosa berfungsi sebagai tempat keluarnya akson sel ganglion retina.^{2,5,11}



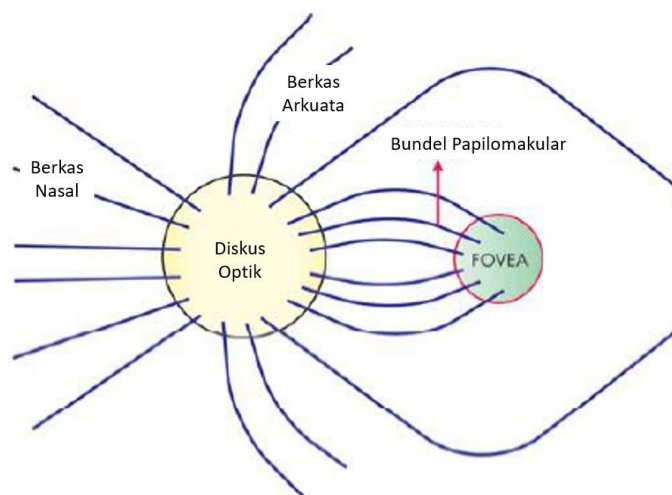
Gambar 2.3 Bagian Nervus Optikus

Dikutip dari: Cascone dkk.⁴

Area intraokular dibagi menjadi empat area, yaitu lapisan serabut saraf superfisial, area prelaminar, area laminar, dan area retrolaminar. Lapisan serabut saraf superfisial tersusun berdasarkan pengaturan retinotopik dan mempunyai tiga kompartemen fungsional. Bundel papilomakular dari makula, berkas arkuata superior dan inferior dari retina temporal, serta berkas nasal. Astrosit akan membungkus dan mengelompokkan akson sel ganglion menjadi tabung-tabung kecil pada area prelaminar. Lamina kribrosa berfungsi sebagai rangka untuk akson nervus optikus, tempat fiksasi arteri dan vena retina sentral, serta memperkuat

segmen posterior bola mata. Akson sel ganglion akan dilapisi oleh mielin dan diameternya bertambah pada area retrolaminar. Vaskularisasi bagian intraokular melalui *Circle of Zinn-Haller*, yang terdiri dari arteri silier posterior brevis, cabang arteri koroidal, dan pleksus pial. Drainase vena melalui vena retinal sentral.^{2,4,12}

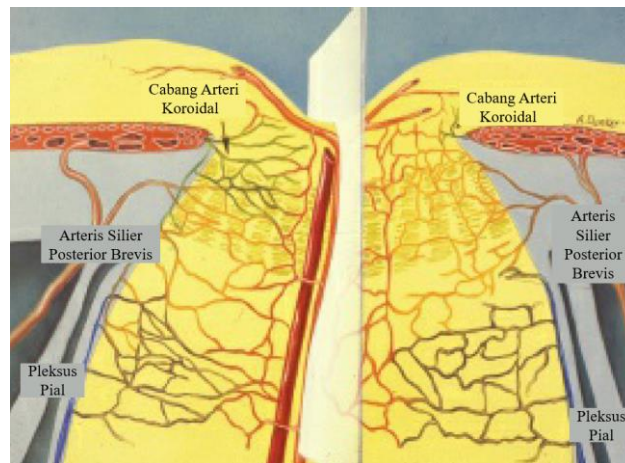
Bagian intraorbital mempunyai panjang 25-30 mm. *Annulus of Zinn* mengelilingi nervus optikus bagian intraorbital. Selubung meningen melapisi nervus optikus dan terhubung dengan selubung meningen otak. Lapisan paling dalam atau piamater terdiri dari jaringan ikat ter-vaskularisasi dan sel meningoepithelial. Lapisan tengah merupakan lapisan arakhnoid yang terdiri dari jaringan kolagen dan jaringan elastin. Rongga subarakhnoid berada di antara lapisan piamater dan lapisan arakhnoid. Rongga tersebut dilalui oleh pembuluh darah retina sentral. Lapisan paling luar atau duramater merupakan lapisan paling tebal yang terdiri dari kolagen dan jaringan elastin. Vaskularisasi bagian intraorbital berasal dari percabangan arteri retinal sentral dan arteri siliaris posterior.^{1,11,12}



Gambar 2.4 Pengaturan Serabut Saraf pada Nervus Optikus
Dikutip dari: Agarwal dkk.¹

Nervus optikus masuk pada kanal optik melalui foramen optik. Bagian intrakanalikular mempunyai panjang sekitar 8-10 mm. Lapisan duramater pada bagian ini menempel pada periosteum kanal sehingga nervus optikus tidak dapat bergerak bebas. Vaskularisasi bagian intrakanalikular berasal dari percabangan arteri oftalmika. Panjang bagian intrakranial sangat bervariasi dari 3 mm hingga 16 mm, dan mempengaruhi posisi terhadap kelenjar pituitari. Vaskularisasi bagian

intrakranial berasal dari pleksus pial yang terdiri dari arteri serebri anterior, arteri komunis anterior, arteri oftalmika, dan arteri karotis interna. Pengaturan saraf sesuai dengan pengaturan retinoskopiknya, dengan akson sel ganglion makula berpindah ke bagian tengah.^{4,5,12}

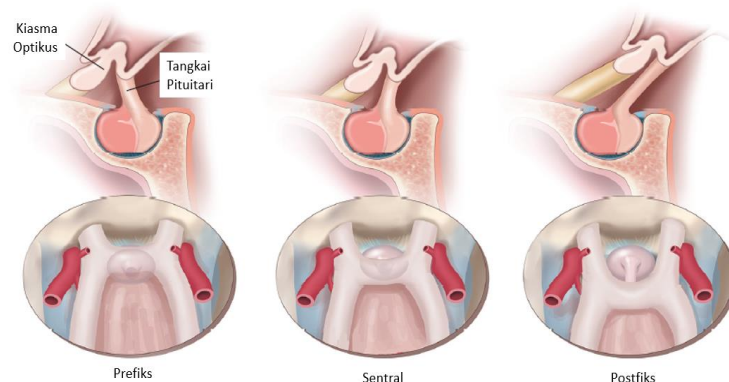


Gambar 2.5 Vaskularisasi pada Nervus Optikus

Dikutip dari: Miller dkk.²

2.3 Kiasma Optikus

Kiasma optikus terletak pada bagian anteroinferior dari ventrikel ketiga. Kiasma optikus mempunyai ukuran 8mm x 12mm dan dikelilingi oleh lapisan piamater dan arakhnoidmater. Kelenjar pituitari akan membagi letak kiasma berdasarkan posisinya menjadi sentral (80%), prefiks (10%), dan postfiks (10%).^{1,4,5}

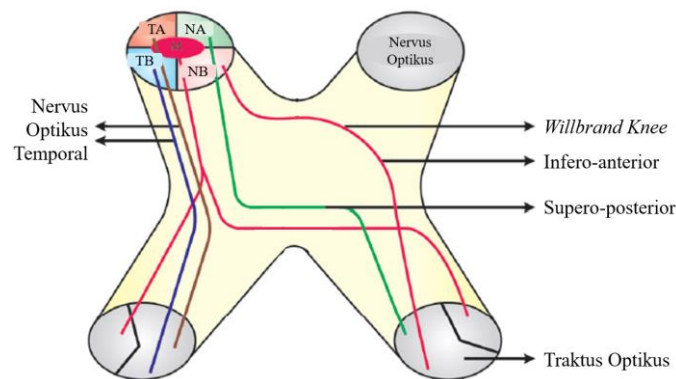


Gambar 2.6 Posisi Kiasma Optikus

Dikutip dari: Horton dkk.⁵

Kiasma optikus merupakan komisura yang dibentuk oleh persilangan nervus optikus. Nervus optikus yang berasal dari nasal makula sebanyak 53% akan menyilang di bagian paling belakang kiasma optikus. Nervus optikus bagian

inferonasal diluar makula akan menyilang di bagian infero-anterior optik kiasma dan berputar ke anterior sekitar 1-2 mm, membentuk *Willbrand Knee*. Bagian superonasal akan menyilang di bagian supero-posterior optik kiasma. Vaskularisasi utama dari kiasma optikus berasal dari arteri serebri anterior, arteri komunikans anterior, dan cabang arteri karotis interna, sedangkan venanya oleh vena serebri anterior dan vena basalis.^{1-3,5,6}



Gambar 2.7 Pengaturan Serabut Saraf Nervus Optikus

Dikutip dari: Agarwal A dkk.¹

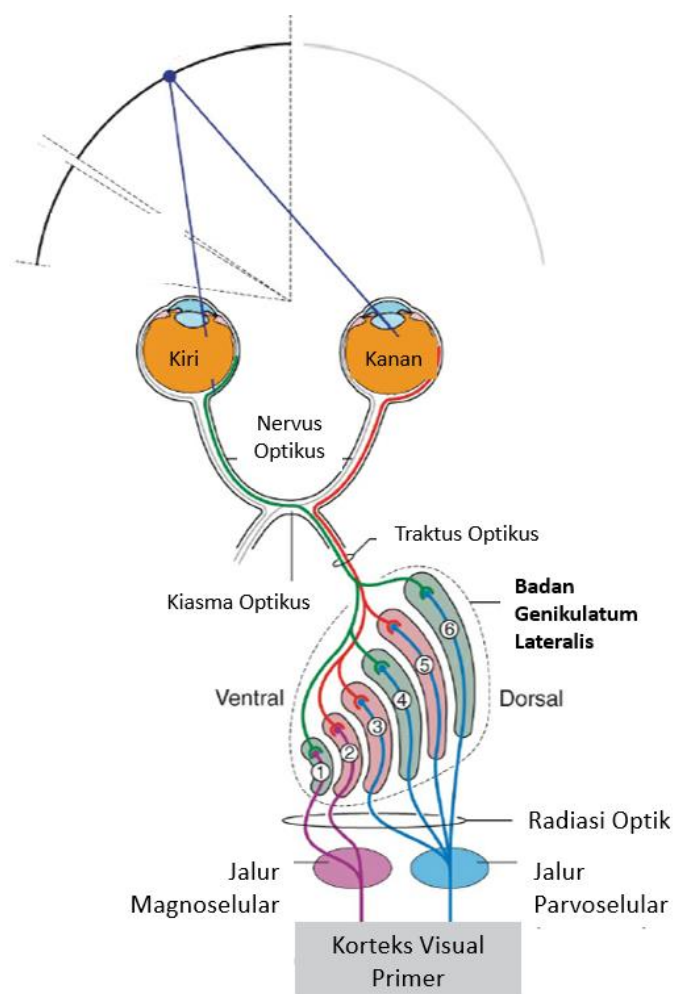
2.4 Traktus Optikus

Traktus optikus merupakan selubung saraf silindris yang berasal dari kiasma optikus. Traktus optikus lateral akan berakhir pada badan genikulatum lateralis dan berjalan ke visual korteks, sedangkan traktus optikus medial yang berasal dari sel ganglion fotosensitif intrinsik akan berakhir pada nukleus pretektal menuju jaras konstriksi pupil. Traktus optikus terdiri dari akson sel ganglion temporal retina ipsilateral, dan akson sel ganglion nasal retina kontralateral. Traktus optikus superior akan berjalan di bagian medial, sedangkan traktus optikus inferior akan berjalan di bagian lateral. Akson sel ganglion makula akan berjalan pada bagian dorsolateral traktus optikus. Vaskularisasi traktus optikus berasal dari arteri koroidal anterior dan arteri komunis posterior, sedangkan vena traktus optikus berasal dari vena serebri anterior dan vena basalis.^{1,3,4,6}

2.5 Badan Genikulatum Lateralis

Badan genikulatum lateralis adalah bagian posterior talamus yang mempunyai 6 lapisan. Nervus optikus kontralateral terhubung pada lapisan pertama, keempat, dan keenam. Nervus optikus ipsilateral terhubung pada lapisan kedua, ketiga, dan

kelima. Lapisan pertama dan kedua adalah lapisan magnoselular, sedangkan empat lapisan lainnya adalah lapisan parvoselular. Jalur magnoselular berfungsi untuk mendeteksi pergerakan, sedangkan jalur parvoselular berhubungan dengan penglihatan warna dan ketajaman penglihatan. Akson sel ganglion retina superior akan berakhir pada bagian medial, retina inferior pada bagian lateral, dan daerah makula pada bagian tengah. Vaskularisasi badan genikulatum lateralis berasal dari arteri koroidal anterior dan posterior, sedangkan vena berasal dari vena basalis.³⁻⁵



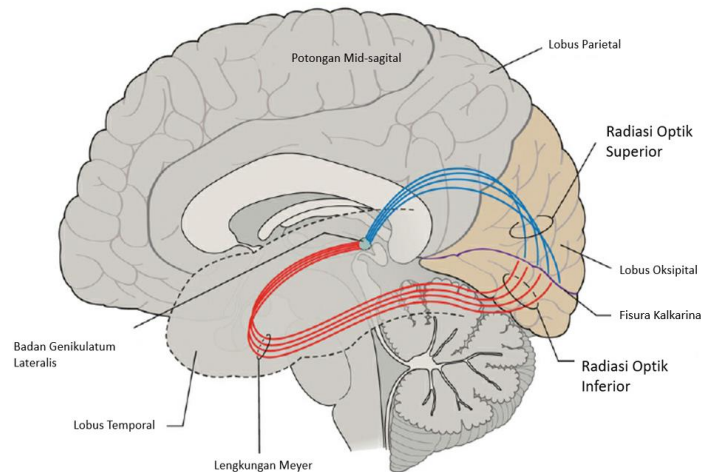
Gambar 2.8 Badan Genikulatum Lateralis

Dikutip dari: Liu dkk.⁴

2.6 Radiasi Optik

Radiasi optik inferior akan berputar ke depan melalui lobus temporal sebelum berputar ke lobus oksipital sebagai lengkungan Meyer. Radiasi optik superior melewati lobus parietal menuju lobus oksipital. Vaskularisasi radiasi optik berasal

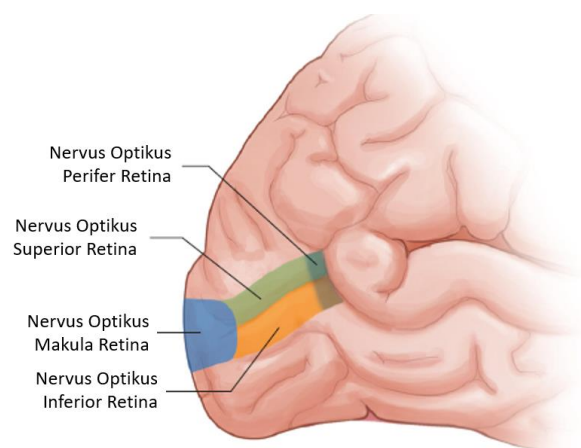
dari arteri koroidal anterior, arteri serebri media, dan arteri serebri posterior. Vena berasal dari vena basalis dan vena serebri media.^{5,6,10}



Gambar 2.9 Perjalan Serabut Saraf pada Radiasi Optik
Dikutip dari: Mark dkk.⁴

2.7 Korteks Visual Primer

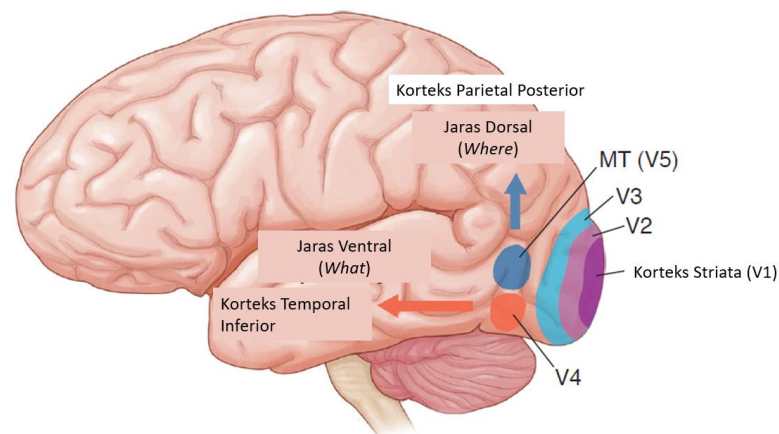
Korteks visual primer terletak pada bagian superior dan inferior dari sulkus kalkarina. Bagian makula berakhir pada sisi belakang dan tengah korteks. Area bagian atas merupakan proyeksi retina superior dan area bagian bawah merupakan proyeksi retina inferior.^{1,4,5}



Gambar 2.10 Korteks Visual Primer
Dikutip dari: Christine dkk.⁵

Area ini memiliki 6 lapisan yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Akson badan genikulatum lateralis akan berakhir pada lapisan keempat. Lapisan pertama dan kedua memproyeksikan rangsangan saraf ke korteks visual sekunder. Lapisan

keempat dan kelima memproyeksikan ke kolikulus superior. Lapisan keenam diproyeksikan ke badan genikulatum lateralis. Vaskularisasi lobus oksipital berasal dari arteri serebri medial dan posterior akan bercabang menjadi arteri kalkarina dan arteri parieto-oksipital. Vena berasal dari vena oksipital interna dan vena serebri inferior.^{1,4-6}



Gambar 2.11 Korteks Striata dan Ekstrastrriata
Dikutip dari: Horton dkk.⁵

Area ekstrastrriata terdiri dari V2-V5 dan berkaitan dengan area *Brodmann* 18 dan 19. Serabut saraf korteks striata terbagi menjadi jaras dorsal dan jaras ventral. Jaras dorsal disebut sebagai jaras *where*, berakhir di lobus parietal dan membawa informasi mengenai pergerakan dan kemampuan spasial. Jaras ventral disebut sebagai jaras *what*, berakhir di lobus temporal dan membawa informasi mengenai suatu objek. Korteks parastriata (area V2 atau *Brodmann* area 18) dan area V3 menerima impuls saraf dari area V1. Kedua area ini tidak mempunyai batas histologis yang jelas dan mengirimkan impuls saraf ke ganglia basalis dan otak tengah untuk integrasi visual. Area V4 terletak pada girus lingual dan fusiform, yang berperan pada penglihatan warna. Area V5 terletak secara anterolateral dari V4 dan sensitif terhadap gerakan dan arah. Area ini mendapatkan stimulus dari V1 dan merupakan pusat *smooth pursuit movement*. Kolikulus superior mendapatkan impuls saraf dari jaras penglihatan dan korteks kalkarina, area ini berhubungan dengan pergerakan sakadik.^{10,13,14}

III. Simpulan

Jaras penglihatan sentral melibatkan proses fototransduksi di retina dan pengiriman impuls saraf hingga sampai pada korteks visual. Impuls saraf ini akan melalui sel fotoreseptor, sel bipolar dan sel ganglion retina. Akson sel ganglion akan melewati nervus optikus, kiasma optikus, traktus optikus, badan genikulatum lateralis, radiasi optik dan berakhir di korteks visual. Korteks visual akan memproses impuls saraf tersebut hingga menghasilkan gambaran penglihatan dan lapang pandang. Pengertian jaras visual dan komponen pembentuknya dapat bermanfaat dalam menentukan etiologi kerusakan lapang pandang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agarwal A, Agarwal A, Smith G. *Manual of neuro-ophthalmology*. Edisi ke-2. London: JP Medical Ltd; 2015. hlm. 72-104.
2. Miller N, Subramanian P, Patel V. *Anatomy and physiology of the retina and optic nerve*. Dalam: Clinical neuro-ophthalmology. Edisi ke-3. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2016. hlm. 63-109.
3. Joukal M. *Anatomy of the human visual pathway*. Dalam: Homonymous visual field defects. Edisi ke-1. New York: Springer International Publishing; 2017. hlm. 1-16.
4. Brar V, Law S, Lindsey J, Mackey D, Schultze R, Singh R, *et al*. *Cranial nerve central and peripheral connections*. Dalam: Fundamentals and principles of ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 150-65.
5. Horton JC, Kardon R, Trobe JD. *Neuro-ophthalmic anatomy*. Dalam: Basic and clinical science course: Neuro ophthalmology. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 5-56.
6. Gupta M, Bordoni B. *Neuroanatomy, visual pathway*. Florida: StatPearls Publishing; 2020. hlm. 1-4.
7. Wienbar S, Schwartz GW. *The dynamic receptive fields of retinal ganglion cells*. Vol. 67. Dalam: Retinal and eye research. Amsterdam: Elsevier Ltd; 2018. hlm. 102-17.
8. Skalicky SE. *Ocular and visual physiology*. Singapore: Springer International Publishing; 2016. hlm. 183-225.
9. Rupp AC, Ren M, Altimus CM, Fernandez DC, Richardson M, Turek F, *et al*. *Distinct ipRGC subpopulations mediate light's acute and circadian effects on body temperature and sleep*. Cambridge: eLife Sciences Publication; 2019. hlm. 1-16.
10. Trenholm S, Krishnaswamy A. *An annotated journey through modern visual neuroscience*. Vol. 40. Journal of Neuroscience. Washington: Society for Neuroscience; 2020. hlm. 44-53.
11. Grant TL, Nicholas J, Volpe SL. *Visual loss: optic neuropathies*. Dalam: Neuro-ophthalmology diagnosis and management. Edisi ke-3. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2018. hlm. 101-97.
12. Balaban-Djurevic R, Hajrovic S, Solaja S, Pljevaljcic V, Reci V, Kulic S, *et al*. *Characteristics of perioptic and intraoptic arterial vascularization of extracranial segment of optic nerve*. Biomed Istraživanja. 2019;10(1):1-7.
13. Pisella L. *Visual perception is dependent on visuospatial working memory and thus on the posterior parietal cortex*. Vol. 60. APRM. Elsevier Masson SAS; 2017. hlm. 141-7.
14. Hugrass L, Verhellen T, Morrall-Earney E, Mallon C, Crewther DP. *The effects of red surrounds on visual magnocellular and parvocellular cortical processing and perception*. J Vis. 2018;18(4):1-13.