

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

---

Sari Kepustakaan : Jaras Penglihatan Aferen  
Penyaji : Sabrina Indri Wardani  
Pembimbing : dr. Rusti Hanindya Sari, SpM(K)

Telah diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing

dr. Rusti Hanindya Sari, SpM(K)

Selasa, 06 April 2021

Pukul 07.30 WIB

## **I. Pendahuluan**

Jaras penglihatan manusia terdiri dari jaras penglihatan aferen dan eferen. Jaras penglihatan aferen berkaitan dengan aspek sensoris dari indra penglihatan manusia. Jaras penglihatan aferen ini juga melibatkan seluruh struktur yang berperan penting dalam penerimaan, penjalaran, dan penerjemahan informasi penglihatan yang diterima. Setiap struktur pada jaras ini memiliki anatomi dan fungsi yang kompleks untuk menghasilkan penglihatan yang optimal.<sup>1-3</sup>

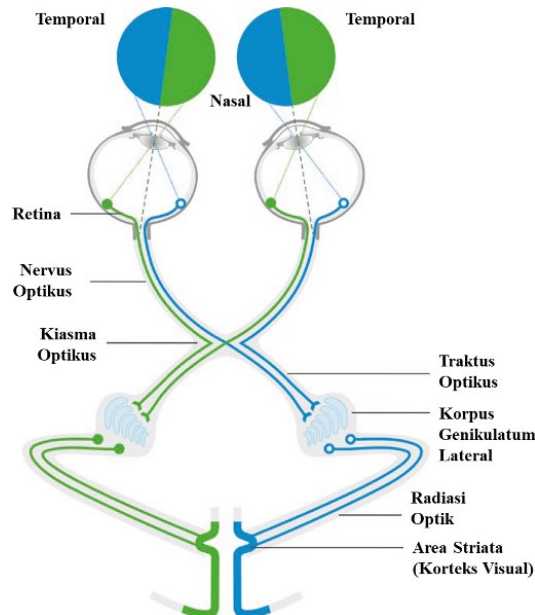
Informasi penglihatan ini bermula pada saat energi foton yang melalui media refraksi mata terdeteksi oleh retina. Sel fotoreseptor pada retina mengubah energi foton tersebut menjadi suatu impuls saraf melalui proses fototransduksi. Impuls saraf tersebut akan diteruskan ke berbagai koneksi sinaps hingga mencapai sel ganglion retina. Serabut akson sel ganglion retina akan membentuk nervus optikus. Impuls saraf dari nervus optikus menjalar bertahap melewati beberapa area anatomi hingga mencapai korteks visual. Korteks visual yang berada pada lobus oksipital akan menerjemahkan informasi sensoris tersebut menjadi suatu persepsi penglihatan.<sup>4-6</sup>

Jaras penglihatan aferen memiliki pemetaan retinotopik yang presisi. Gangguan patologis pada jaras penglihatan aferen akan menghasilkan gejala yang terkait dengan pemetaan retinotopik tersebut. Pemahaman yang baik mengenai komponen jaras penglihatan aferen memiliki manfaat dalam penentuan lokasi patologi, penegakkan diagnosis, dan penatalaksanaan suatu kondisi patologis.<sup>1,7,8</sup> Sari kepustakaan ini bertujuan untuk memaparkan komponen yang terlibat pada jaras penglihatan aferen manusia.

## **II. Jaras Penglihatan Aferen**

Jaras penglihatan aferen adalah jalur yang meneruskan informasi sensoris dari indra penglihatan ke korteks visual seperti yang terlihat pada gambar 1. Skema jaras penglihatan aferen bermula pada sel fotoreseptor retina yang akan mengolah energi foton tersebut menjadi impuls saraf. Impuls saraf ini akan menuju ke sel bipolar dan sel ganglion retina yang akson-aksonnya membentuk nervus optikus. Nervus optikus meneruskan impuls saraf melewati area kiasma optikus, traktus optikus,

korpus genikulatum lateral, radiasi optik, dan korteks visual. Informasi yang sampai pada korteks visual primer akan dilanjutkan ke beberapa regio ekstrastriata untuk penerjemahan lanjutan persepsi visual tersebut.<sup>3,5,9,10</sup>



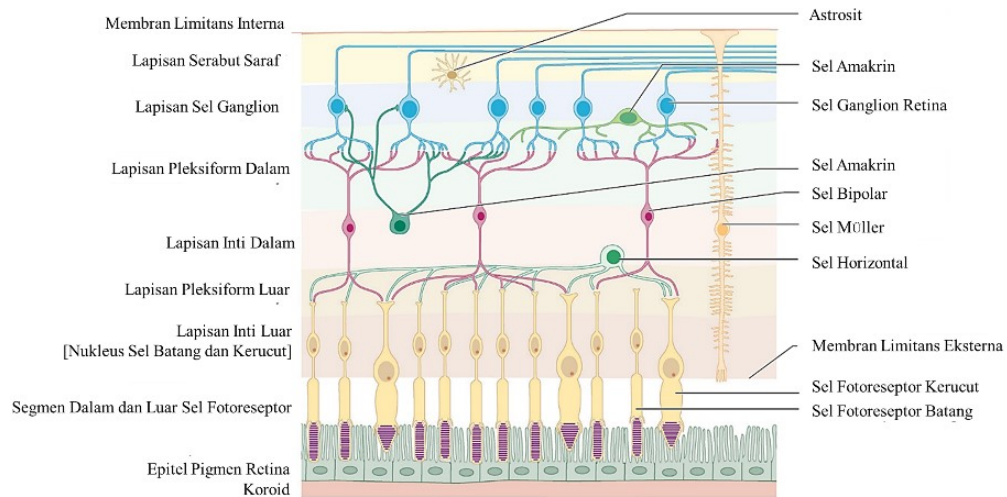
**Gambar 1. Skema Jalur Penglihatan Aferen**  
Dikutip dari: Joukal<sup>5</sup>

## 2.1 Retina

Retina merupakan struktur paling awal dalam rangkaian perjalanan impuls penglihatan aferen. Retina meluas dari diskus optikus hingga ke ora serrata dengan total luas permukaan sekitar 266 mm<sup>2</sup>. Struktur ini memiliki fungsi penting terhadap proses penerjemahan stimulus cahaya dari lingkungan sekitar menjadi suatu impuls elektrokimia yang dibawa oleh sel neuron hingga sistem saraf pusat.<sup>6,9,11</sup>

Retina mempunyai dua lapisan berdasarkan fungsinya, yaitu lapisan retina neurosensorik di bagian dalam dan lapisan epitel pigmen retina di bagian luar. Retina terdiri dari sepuluh lapisan penyusun dari bagian dalam ke luar, yaitu lapisan epitel pigmen retina, segmen dalam dan luar sel fotoreseptor, membran limitans eksterna, lapisan inti luar sel fotoreseptor, lapisan pleksiform luar, lapisan inti dalam, lapisan pleksiform dalam, lapisan sel ganglion retina, lapisan serabut saraf, dan membran limitans interna. Lapisan retina ini dapat dilihat pada gambar 2.

Lapisan retina menerima vaskularisasi dari arteri pleksus superfisial untuk sel ganglion dan arteri pleksus dalam untuk lapisan inti dalam. Lapisan pleksiform luar hingga ke epitel pigmen retina menerima vaskularisasi dari arteri koriokapilaris.<sup>3,6,11</sup>



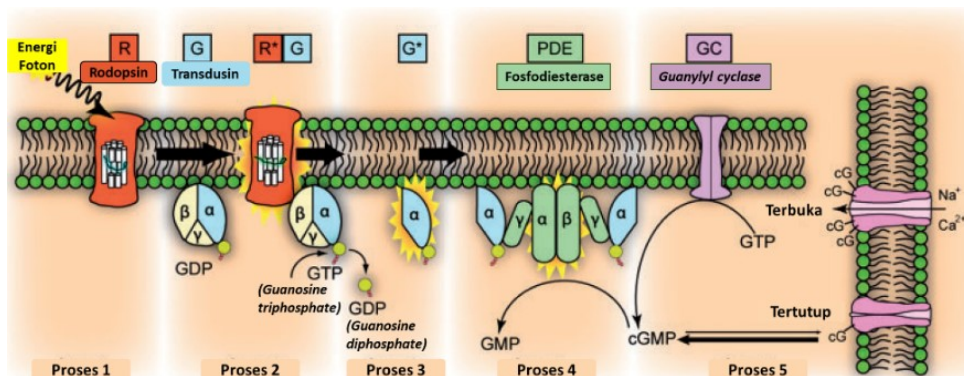
**Gambar 2. Struktur Lapisan Retina**

Dikutip dari: Lee dkk.<sup>12</sup>

Retina neurosensorik memiliki tiga komponen utama, yaitu neuronal, glial, dan vaskular. Elemen neuronal tersusun oleh sel fotoreseptor, sel bipolar, sel horizontal, sel amakrin, dan sel ganglion retina. Retina mempunyai dua jenis sel fotoreseptor, yaitu sel batang dan sel kerucut.<sup>3,6,10</sup>

Segmen luar sel fotoreseptor memiliki molekul fotopigmen opsin. Sel batang memiliki fotopigmen rodopsin sedangkan sel kerucut memiliki fotopigmen fotopsin. Rodopsin memiliki tiga komponen, yaitu apoprotein, opsin, dan 11-*cis*-retinal. Rodopsin sangat sensitif terhadap cahaya dan berfungsi dalam penglihatan ketika pencahayaan redup. Fotopsin sel kerucut juga memiliki komponen yang sama dengan sel batang, tetapi memiliki apoprotein yang berbeda. Sel kerucut memiliki tiga variasi fotopsin dengan sensitivitas yang berbeda berdasarkan spektrum panjang gelombang cahaya. Fotopsin pada sel kerucut tersebut adalah S-opsin, M-opsin, dan L-opsin. Fotopsin berfungsi untuk penglihatan warna dan pada kondisi pencahayaan terang. Kedua fotopigmen sel fotoreseptor mengubah energi foton menjadi sinyal elektrokimia melalui serangkaian aktivitas enzimatik yang disebut dengan proses fototransduksi seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.<sup>1,13,14</sup>

Aktivasi proses fototransduksi selanjutnya menyebabkan opsin teraktivasi. Opsin yang aktif akan mengaktivasi transdusin. Transdusin mengaktivasi fosfodiesterase sehingga terjadi hidrolisis *cyclic guanosine monophosphate* (cGMP) menjadi GMP. Penurunan konsentrasi cGMP intraseluler menyebabkan penutupan kanal ion *cyclic GMP-gated cation channel* sehingga kation yang masuk akan menurun. Penurunan kalsium intraseluler menyebabkan hiperpolarisasi sel fotoreseptor. Hiperpolarisasi ini menyebabkan penurunan neurotransmitter glutamat yang dilepaskan di ujung sinaps dari fotoreseptor tersebut. Penurunan glutamat menyebabkan aktivasi sel bipolar sehingga transmisi impuls saraf dapat diteruskan hingga sel ganglion retina.<sup>7,10,14</sup>



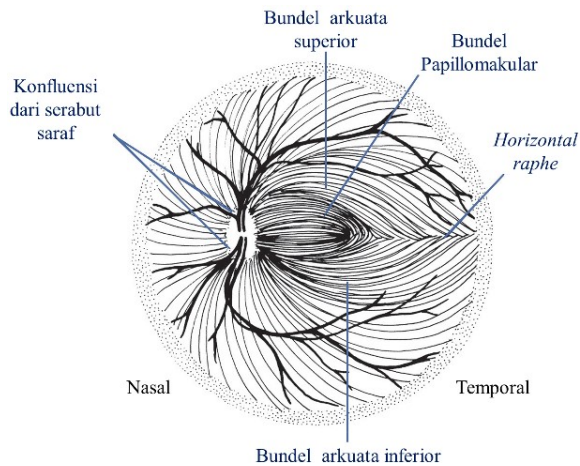
**Gambar 3. Fototransduksi pada Segmen Luar Sel Fotoreseptor Retina**

Dikutip dari: Yao dkk.<sup>15</sup>

Akson sel ganglion retina membentuk serabut saraf retina yang diteruskan menuju area diskus optikus. Diskus optikus berada di area nasal retina. Serabut saraf retina di area diskus optikus memiliki organisasi khusus sebelum keluar menjadi nervus optikus. Perjalanan serabut saraf retina memiliki tiga area fungsional, yaitu bundel papilomakular, bundel arkuata superior dan inferior, serta bundel nasal radial.<sup>7,16,17</sup>

Serabut saraf dari nasal makula langsung menuju diskus optikus sebagai bundel papilomakular seperti yang diilustrasikan pada gambar 4. Akson dari area temporal fovea mengitari serabut saraf dari nasal fovea. Akson tersebut disebut sebagai bundel arkuata. *Horizontal raphe* adalah garis khayal ekuator yang memisahkan bundel arkuata superior dan inferior. Serabut saraf dari area nasal yang tidak

terhambat oleh bundel papilomakular akan langsung menuju diskus optikus secara radial.<sup>5,7,9,17</sup>



**Gambar 4. Berkas Serabut Saraf Retina**  
Dikutip dari: Liu dkk.<sup>17</sup>

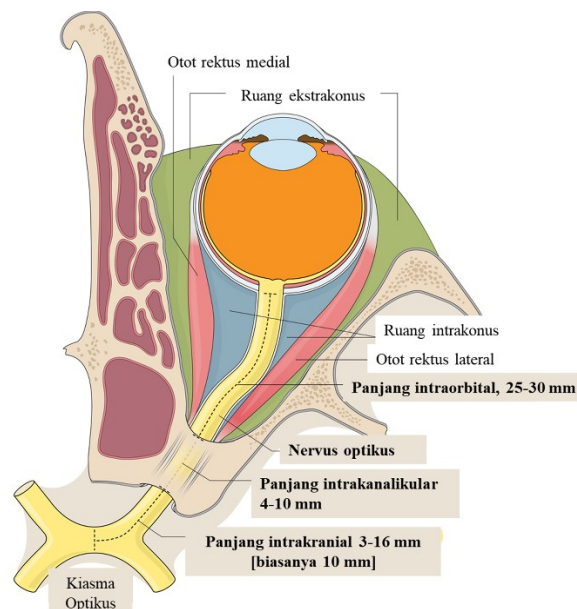
Sel ganglion retina memiliki dua tipe berdasarkan ukuran selnya. Sel berukuran kecil disebut sel beta atau sel P. Sel ini akan terproyeksi ke lapisan parvoseluler pada korpus genikulatum lateral. Sel ganglion retina yang berukuran lebih besar disebut sel alfa atau sel M untuk proyeksi magnoseluler pada korpus genikulatum lateral.<sup>1,7,9</sup>

## 2.2 Nervus Optikus

Nervus optikus adalah saraf kranial kedua yang merupakan bagian dari sistem saraf pusat. Nervus optikus manusia berawal secara anatomis di diskus optikus, namun secara fisiologis nervus optikus berawal di lapisan sel ganglion retina. Nervus optikus terbagi menjadi empat segmen berdasarkan area topografi anatomi seperti pada gambar 5. Segmen nervus optikus tersebut adalah segmen intraokular, intraorbital, intrakanalikular, dan intrakranial.<sup>8,11,16</sup>

Segmen intraokular adalah segmen terpendek dengan panjang 1 mm. Segmen ini terlihat sebagai diskus optikus pada pemeriksaan dengan oftalmoskop. Diskus optikus terdiri dari empat bagian, yaitu lapisan serabut saraf superfisial, area prelaminar, laminar, dan retrolaminar. Diskus optikus ini memiliki ukuran rata-rata 1,76 mm pada bagian horizontal dan 1,92 mm pada penampang vertikal. Area

sentral diskus optikus berbentuk lebih cekung seperti mangkuk yang disebut sebagai *cup*. Akson sel ganglion retina, astrosit, sel kapiler, dan sel fibroblas adalah komponen penyusun diskus optikus. Lamina kribosa adalah struktur oval dengan 200-300 pori-pori yang berada di sekitar diskus optikus. Akson retina akan melalui lamina kribosa tersebut. Diameter nervus optikus meningkat menjadi 3 mm setelah melalui lamina kribosa karena proses myelinisasi, tambahan struktur oligodendrosit, dan lapisan meninges yang menyelubungi serabut saraf optik. Akson-akson dari lapisan serabut saraf berotasi 90° ke arah posterior saat memasuki diskus optikus dan akan dilapisi sel glia saat memasuki struktur dari lamina kribosa.<sup>6,9,11</sup>

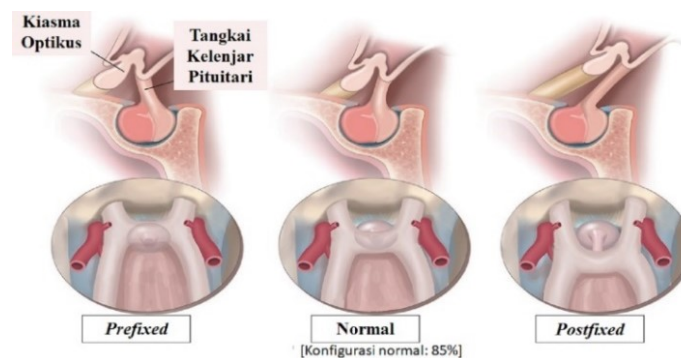


**Gambar 5. Skema Segmentasi Nervus Optikus**

Dikutip dari: Brar dkk.<sup>11</sup>

Segmen intraorbital memiliki panjang 25-30 mm. Segmen ini adalah segmen terpanjang dari nervus optikus. Bentuk dari segmen intraorbital ini menyerupai huruf “S”. Nervus optikus pada segmen intraorbital akan dilingkupi oleh *annulus of Zinn* sebelum memasuki kanalis optikus. Segmen intrakanalikular melekat erat pada kanalis optikus. Segmen ini memiliki panjang 4-10 mm. Lapisan meninges akan menyelubungi segmen intrakanalikular ini dengan kuat. Segmen intrakanalikular menerima vaskularisasi dari arteri oftalmika. Panjang segmen intrakranial bervariasi antara 3-16 mm, biasanya sekitar 10 mm. Segmen

intrakranial akan berakhir pada kiasma optikus. Posisi segmen intrakranial berada lebih ke anterior dan berada tepat di atas sela tursika bila ukurannya lebih pendek dari 12 mm. Posisi ini disebut sebagai posisi *prefixed* seperti yang terlihat pada Gambar 6. Posisi kiasma optikus akan berada lebih ke posterior dari *dorsum sellae* jika panjang nervus optikus segmen intrakranial melebihi 18 mm. Posisi ini disebut sebagai posisi *postfixed*.<sup>6,7,11,16</sup>



**Gambar 6. Variasi Nervus Optik Intrakranial Terhadap Kiasma Optik**

Dikutip dari: Bhatti dkk.<sup>16</sup>

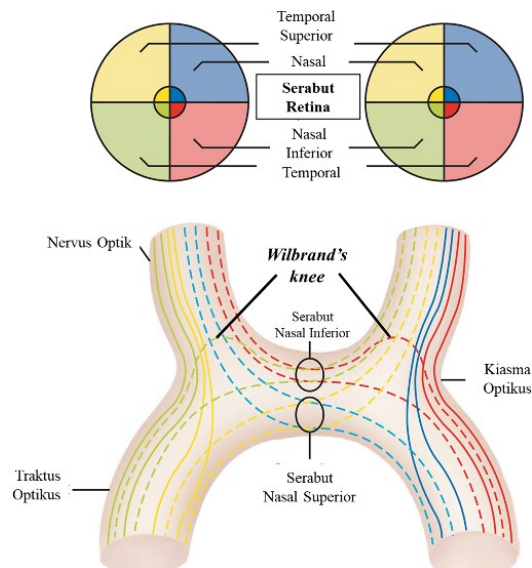
Nervus optikus menerima vaskularisasi dari arteri oftalmika sebagai cabang dari arteri karotis interna. Bagian superfisial dari nervus optikus menerima vaskularisasi dari arteri retina sentralis yang masuk ke dalam nervus optikus 10-12 mm di belakang bola mata. Diskus optikus menerima vaskularisasi yang berasal dari cabang arteri lingkaran *Zinn-Haller*. Lingkaran *Zinn-Haller* ini menerima tiga sumber vaskularisasi, yaitu pembuluh arteri koroidalis, arteri siliaris posterior pendek, dan pembuluh darah arteri pial. Drainase vena dari diskus optikus akan mengalir menuju sistem vena retina sentralis.<sup>7,11,16</sup>

### 2.3 Kiasma Optik

Kiasma optikus adalah gabungan serabut saraf nervus optikus kiri dan kanan yang berasal dari anterior. Serabut saraf tersebut kemudian diteruskan secara divergen ke posterior. Kiasma optikus berada dekat area superior dari diafragma sella tursika dan inferior dari hipotalamus. Kiasma optikus mendapat vaskularisasi dari cabang pembuluh darah arteri serebral anterior, arteri hipofisial superior, arteri



karotis interna, arteri serebralis posterior, dan arteri komunikans posterior. Pembuluh darah vena kiasma optikus adalah vena basalis dan vena serebri.<sup>5,11,12,16</sup>



**Gambar 7. Kiasma Optikus**

Dikutip dari : Jones dkk.<sup>4</sup>

Kiasma optikus membentuk jalur penyilangan serabut nervus optikus yang berasal dari area nasal dan jalur ipsilateral area temporal seperti yang tampak pada gambar 7. Serabut saraf yang menyilang dari retina nasal adalah sekitar 53% di dalam kiasma optikus. Serabut ekstramakular dari retina inferonasal akan menyilang dan melengkung sedikit ke arah anterior di kiasma optikus. Area ini disebut sebagai *Wilbrand's knee*. Penyilangan ini terjadi sebelum melewati traktus optikus.<sup>4-6</sup>

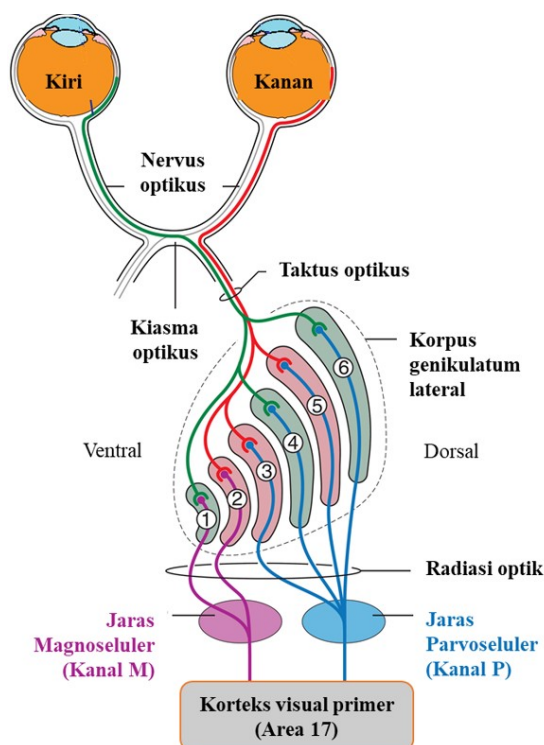
## 2.4 Traktus Optikus

Serabut saraf yang keluar dari kiasma optikus akan menjadi traktus optikus. Setiap traktus optikus memiliki proyeksi serabut yang berasal dari nervus optikus temporal ipsilateral dan nervus optikus nasal kontralateral. Impuls saraf dari traktus optikus lateral akan menuju korpus genikulatum lateral dan diteruskan hingga korteks visual. Traktus optikus sisi medial memiliki komponen serabut saraf yang akan menuju ke nukleus pretektal. Traktus optikus medial ini membawa impuls saraf dari sel ganglion retina fotosensitif intrinsik yang berfungsi dalam jaras refleks

pupil. Traktus optikus menerima vaskularisasi arteri komunis posterior cabang arteri koroidal anterior. Drainase vena traktus optikus akan menuju ke vena basalis dan vena serebri anterior.<sup>6,16,18</sup>

## 2.5 Korpus Genikulatum Lateral

Korpus genikulatum lateral berada pada bagian posterolateral dari talamus. Struktur ini memiliki bentuk seperti jamur yang dapat dilihat pada gambar 8. Korpus genikulatum lateral adalah zona sinaptik untuk proyeksi visual yang lebih tinggi karena area ini membawa impuls saraf dari traktus optikus menuju radiasi optik. Korpus genikulatum lateral memiliki enam lamina, yaitu lamina I, II, III, IV, V, dan VI. Lamina I, IV, dan VI menerima input serabut akson saraf kontralateral. Lamina II, III, dan V menerima input serabut akson saraf ipsilateral nervus optikus.<sup>1,7,8</sup>



**Gambar 8. Korpus Genikulatum Lateral**

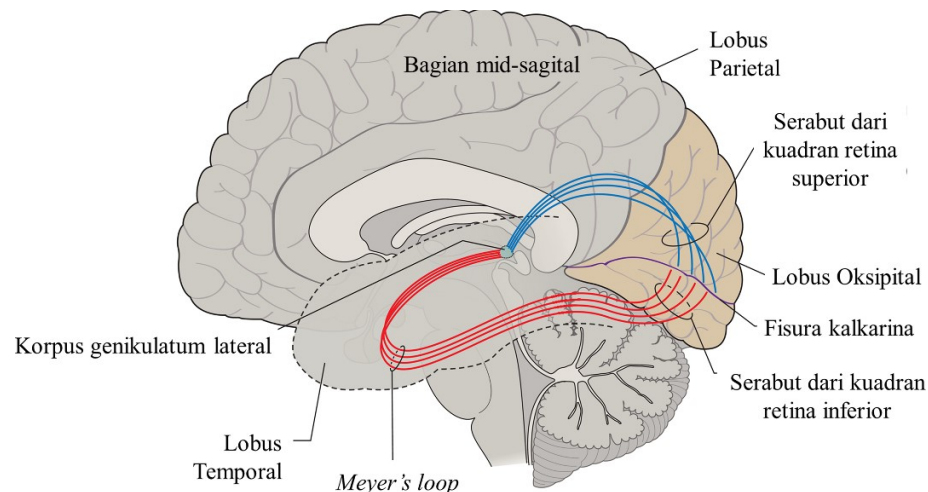
Dikutip dari: Brar dkk.<sup>11</sup>

Lamina I dan II korpus genikulatum lateral adalah jalur magnoseluler untuk akson-akson sel M yang berfungsi untuk mendeteksi pergerakan suatu objek.

Lamina III–VI adalah jalur parvoseluler untuk akson-akson sel P yang terlibat dalam persepsi warna dan tajam penglihatan. Vaskularisasi korpus genikulatum lateral berasal dari arteri koroidal anterior, arteri koroidal posterior, dan cabang vena basalis.<sup>1,9,16</sup>

## 2.6 Radiasi Optik

Radiasi optik meneruskan informasi yang diterima dari korpus genikulatum lateral menuju ke korteks visual di lobus oksipital. Serabut radiasi optik akan keluar dari korpus genikulatum lateral dengan membawa informasi dari kuadran retina superior dan inferior.<sup>2,7,9</sup>



**Gambar 9. Radiasi Optik**

Dikutip dari: Brar dkk.<sup>11</sup>

Radiasi optik superior akan melalui sisi parietal untuk menuju ke lobus oksipital. Radiasi optik inferior mulanya berjalan sedikit ke anterior melewati lobus temporal lalu melengkung ke posterior menuju lobus oksipital. Lengkungan radiasi optik inferior ini disebut *Meyer's loop* seperti yang terlihat pada gambar 9. Sumber vaskularisasi radiasi optik adalah arteri koroidalis anterior, arteri serebri media, dan arteri serebri posterior. Pembuluh darah vena radiasi optik mengalir ke vena serebri media dan vena basalis.<sup>6,11,16</sup>



### **III. Simpulan**

Jaras penglihatan aferen mentransmisikan informasi sensoris yang diterima retina dan diteruskan ke korteks visual. Fotoreseptor retina mengubah energi foton menjadi impuls saraf melalui proses fototransduksi. Impuls saraf tersebut akan berjalan melalui berbagai struktur, yaitu nervus optikus, kiasma optikus, traktus optikus, korpus genikulatum lateral, radiasi optik, dan korteks visual. Korteks visual menerjemahkan impuls saraf menjadi suatu persepsi penglihatan berdasarkan distribusi retinotopik. Seluruh struktur anatomi pada jaras penglihatan aferen ini harus bekerja dengan baik untuk menghasilkan penglihatan yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Matsubara JA, Boyd JD. Overview of the central visual pathways. Dalam: Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve JV, Wu S, Kaufman PL, Alm A, editor. *Adler's Physiology of the Eye*. Edisi ke-11. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2011. hlm. 545-9.
2. Remington LA, Goodwin D. *Clinical anatomy and physiology of the visual system*. Edisi ke-3. Saint Louis: Butterworth-Heinemann; 2012. hlm. 233-52.
3. Forester JV, Dick AD, MecMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. *The eye - basic sciences in practice*. Edisi ke- 4. Toronto: Elsevier Limited; 2016. hlm. 97-107,319-37.
4. Jones HR, Netter FH, Srinivasan J, Allam GJ, Baker RA. *Netter's neurology*. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012. hlm. 57-74.
5. Joukal M. *Anatomy of the Human Visual Pathway*. Dalam: Skorkovská K, editor. *Homonymous Visual Field Defects*. Cham: Springer International Publishing; 2017. hlm. 1-16.
6. Nilsson SFE, Hoeve JV, Wu S, Kaufman PL, Alm A, Levin LA. *Adler's physiology of the Eye* Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2011. hlm. 394-441.
7. Miller NR, Subramanian PS, Patel VR. *Walsh and Hoyt's Clinical Neuro-Ophthalmology: The Essentials*. Edisi ke-3. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2016. hlm. 63-108.
8. Skalicky SE. *The lateral geniculate nucleus. Ocular and visual physiology: clinical application*. Singapore: Springer Singapore; 2016. hlm. 201-6.
9. Khurana AK, Khurana I. *Retina, visual pathway, and physiology of vision*. Dalam: *Anatomy and physiology of eye*. Edisi ke-2. New Delhi: CBS; 2011. hlm. 139-92.
10. Hall JE, Michael E. *Hall MDMS. Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Edisi ke-14. Philadelphia: Elsevier; 2020. hlm. 639-63.
11. Brar VS, Law SK, Lindsey JL, Mackey DA, Schultze RL, Silverstein E, *et al*. *Fundamentals and principles of ophthalmology*. Dalam: Cantor LB, Rapuano CJ, McCannel CA, editor. *Basic and clinical science course*. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 47-122; 305-32.
12. Lee AG, Morgan ML, Palau AEB, Mai CK, Chen Y, Soeken T, *et al*. *Anatomy of the optic nerve and visual pathway*. Dalam: Tubbs RS, Rizk E, Shoja MM, Loukas M, Barbaro N, Spinner RJ, editor. *Nerves and nerve injuries*. San Diego: Academic Press; 2015. hlm. 277-303.
13. Tsin A, Betts-Obregon B, Grigsby J. *Visual cycle proteins: structure, function, and roles in human retinal disease*. *J Biol Chem*. 2018;293(34):13016-21.
14. Ingram NT, Sampath AP, Fain GL. *Why are rods more sensitive than cones?* *J Physiol*. 2016;594(19):5415-26.
15. Yao X, Kim T-H. *Fast intrinsic optical signal correlates with activation phase of phototransduction in retinal photoreceptors*. *Exp Biol Med*. 2020;245(13):1087-95.

16. Bhatti MT, Biousse V, Bose S, Danesh-Meyer HV, Falardeau J, Levin LA, *et al.* Neuro-ophthalmology. Dalam: Cantor LB, Rapuano CJ, McCannel CA, editor. Basic and clinical science course. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 5-56.
17. Liu GT, Volpe NJ, Galetta SL. Liu, Volpe, and Galetta's neuro-ophthalmology: diagnosis and management. Edisi ke-3: Elsevier Health Sciences; 2019. hlm. 39-109.
18. Fernandez DC, Chang Y-T, Hattar S, Chen S-K. Architecture of retinal projections to the central circadian pacemaker. *Proc Natl Acad Sci.* 2016;113(21):6047-52.