

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Media Refraksi

Hasil pembiasan sinar pada mata ditentukan oleh media penglihatan yang terdiri atas kornea, *aqueous humor* (cairan mata), lensa, badan vitreous (badan kaca), dan panjangnya bola mata.¹⁵ Pada orang normal susunan pembiasan oleh media penglihatan dan panjang bola mata sedemikian seimbang sehingga bayangan benda setelah melalui media penglihatan dibiaskan tepat di daerah macula lutea. Mata yang normal disebut sebagai mata emetropia dan akan menempatkan bayangan benda tepat di retinanya pada keadaan mata tidak melakukan akomodasi atau istirahat melihat jauh.¹⁶

2.1.1 Anatomi Media Refraksi



Gambar 1.Anatomi bola mata.¹⁵

2.1.1.1 Kornea

Kornea adalah selaput bening mata, bagian selaput mata yang tembus cahaya. Kornea merupakan lapisan jaringan yang menutupi bola mata sebelah depan dan terdiri atas 5 lapis¹⁷, yaitu:

1. Epitel
2. Membrana Bowman
3. Stroma
4. Membrana *Descemet*
5. Endotel

2.1.1.2 Aqueous Humor (Cairan Mata)

Aqueous humor mengandung zat-zat gizi untuk kornea dan lensa, keduanya tidak memiliki pasokan darah. *Aqueous humor* dibentuk dengan kecepatan 5 ml/hari oleh jaringan kapiler di dalam korpus siliaris, turunan khusus lapisan koroid di sebelah anterior.¹⁷

2.1.1.3 Lensa

Jaringan ini berasal dari ektoderm permukaan yang berbentuk lensa di dalam bola mata dan bersifat bening. Lensa di dalam bola mata terletak di belakang iris dan terdiri dari zat tembus cahaya (transparan) berbentuk seperti cakram yang dapat menebal dan menipis pada saat terjadinya akomodasi.¹⁷

2.1.1.4 Badan Vitreous (Badan Kaca)

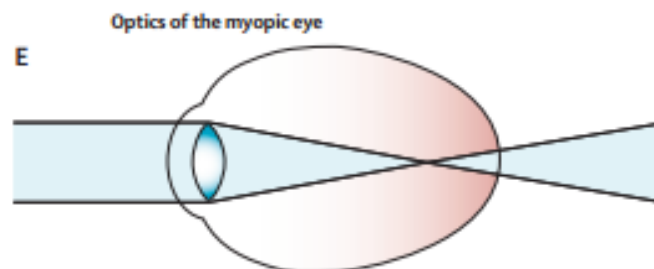
Badan vitreous menempati daerah mata di belakang lensa. Struktur ini merupakan gel transparan yang terdiri atas air (lebih kurang 99%), sedikit kolagen, dan molekul asam hialuronat yang sangat terhidrasi. Badan vitreous mengandung

sangat sedikit sel yang menyintesis kolagen dan asam hialuronat. Peranannya mengisi ruang untuk meneruskan sinar dari lensa ke retina. Kejernihan badan vitreous disebabkan tidak terdapatnya pembuluh darah dan sel. Pada pemeriksaan tidak terdapatnya kekeruhan badan vitreous akan memudahkan melihat bagian retina pada pemeriksaan oftalmoskopi. *Vitreous humor* penting untuk mempertahankan bentuk bola mata yang sferis.¹⁷

2.1.2 Miopia

2.1.2.1 Definisi

Miopia adalah suatu kelainan refraksi dimana sinar dari jarak tak berhingga difokuskan di depan retina oleh mata dalam keadaan tanpa akomodasi.¹⁵



Gambar 2. Miopia.⁷

2.1.2.2 Epidemiologi Miopia

Hal – hal yang mempengaruhi status refraksi seseorang adalah indeks bias kornea, lensa, kedalaman bilik mata depan dan *axial length* bola mata. Keempat hal ini berubah terus seiring dengan pertumbuhan bola mata.

Pada waktu lahir seseorang cenderung hipermetropia (rata-rata +3 Dioptri). Indeks bias kornea rata-rata berkurang 0,1 – 0,2 dioptri dan indeks bias lensa berkurang 1,8 dioptri antara umur 3 dan 14 tahun. Segmen anterior bola

mata sudah mencapai ukuran dewasa pada umur 2 tahun dan semenjak lahir sampai dengan umur 6 tahun *axial length* bertambah 5 mm. Hal-hal di atas mengakibatkan prevalensi miopia meningkat sesuai dengan peningkatan umur.⁷

2.1.2.3 Penyebab Miopia

Dalam beberapa literatur dijelaskan bahwa miopia terjadi karena beberapa akibat, diantaranya¹⁸ :

1. Miopia axial

Diameter antero-posterior mata (*axial length*) lebih panjang dari mata normal.

2. Miopia kurvatura

Kornea atau lensa terlalu cembung.

3. Perubahan indeks refraksi lensa

Sebagai contoh terjadi pada penderita diabetes melitus.

4. Perubahan posisi lensa

Seringkali terjadi sesudah operasi terutama operasi glaukoma.

2.1.2.4 Klasifikasi Miopia

Klasifikasi Miopia berdasarkan ukuran kelainan refraksinya¹⁸ :

1. Miopia ringan : < 3 Dioptri
2. Miopia sedang : 3 – 6 Dioptri
3. Miopia tinggi : > 6 Dioptri

Klasifikasi Miopia berdasarkan awitan terjadinya¹⁸ :

1. *Juvenile – onset myopia*

Awitan antara umur 7 – 16 tahun. Terutama disebabkan oleh perkembangan *axial length*. Faktor risiko terjadinya adalah esoforia, astigmatisma *against-the-rule*, prematuritas, riwayat penyakit keluarga dan bekerja dalam jarak dekat yang intensif. Pada umumnya, lebih awal terjadi miopia, lebih besar derajat progresivitas miopia.

2. *Adult – onset myopia*

Awitan umur 20 tahun. Faktor risiko terjadinya adalah sering bekerja dalam jarak dekat.

2.1.2.5 Gejala-gejala miopia

Dalam keseharian miopia cukup mengganggu aktivitas seseorang, dan dalam keseharian miopia sering dikeluhkan seseorang dengan gejala sebagai berikut¹⁸ :

a. Subjektif

1. Penglihatan jauh buram.
2. Pasien cenderung memicingkan matanya saat berusaha melihat jauh. Ini dilakukan untuk mendapatkan efek *pinhole* supaya bisa melihat lebih jelas.
3. Biasanya senang membaca karena saat membaca pasien bisa melihat dengan jelas tanpa berusaha keras seperti melihat jauh.

b. Objektif

1. Camera oculi anterior dalam akibat otot akomodasi tidak dipakai.

2. Pupil lebar karena kurang akomodasi.
3. Mata agak menonjol pada miopia tinggi.
4. Dari funduskopi ditemukan diskus optikus relatif lebih besar, miopia *crescent*, fundus tigroid dan kadang-kadang perdarahan pada makula.

2.1.2.6 Intervensi untuk mengontrol miopia

Intervensi pada miopia sangat penting dilakukan, karena apabila tidak segera ditangani, miopia dapat terus berkembang secara progresif hingga dewasa. Intervensi miopia dapat dilakukan dengan intervensi *outdoor*, optik, farmakologi, dan penguatan sklera.⁷

1. Intervensi outdoor

Penambahan waktu aktivitas di luar ruangan dilaporkan menjadi sebuah hal yang perlu dilakukan pada penderita miopia, terkhusus pada anak-anak untuk mencegah perkembangan dengan sinar matahari. Perlu disadari bahwa sinar UV juga dilaporkan menyebabkan terjadinya kanker kulit, hal ini perlu menjadi diskusi khusus dimana diperlukannya sinar matahari namun tidak menimbulkan efek buruk dari sinar UV.

2. Intervensi optik

Penggunaan kacamata dan lensa kontak dapat membatasi perkembangan miopia dengan memperbaiki penglihatan sentral. Intervensi lain yang dapat dilakukan untuk mencegah perkembangan miopia yaitu pemasangan lensa kontak *orthokeratology* dengan cara meratakan kornea. Efeknya mungkin tidak permanen, dan mungkin akan menyebabkan

perkembangan miopia yang lebih besar apabila orthokeratology dihentikan.

3. Intervensi farmakologi

Penggunaan tetes mata atrofin dosis rendah dapat menurunkan perkembangan miopia. Atrofin menghambat perkembangan miopia dengan bekerja melalui reseptor muskarinik sub tipe M4.

4. Penguatan sklera

Penguatan sklera dilakukan untuk mencegah ekspansi sklera pada anak-anak atau dewasa yang memiliki miopia patologi berat.

2.1.2.7 Komplikasi Miopia

1. Ambliopia
2. Strabismus
3. Ablasio retina
4. Perdarahan pada makula
5. Korpus vitreus lebih cair

2.2 Penglihatan Binokular

Penglihatan binokular secara harfiah berarti penglihatan dengan 2 mata, dan merujuk kepada karakteristik khusus dari penglihatan dengan kedua mata. Penglihatan binokular normal memerlukan beberapa syarat yaitu aksis visual yang jernih sehingga menghasilkan penglihatan yang jelas pada kedua mata, kemampuan semua saraf yang berhubungan dengan fungsi mata dimana untuk mendorong fusi dari dua bayangan yang sedikit berbeda yang sering disebut fusi sensoris, serta koordinasi yang tepat dari kedua mata untuk semua arah

pandangan, sehingga saraf yang berhubungan dapat mengatur otot-otot yang digunakan untuk mengatur dua bayangan yang disebut juga sebagai fusi motoris.²

Dari sedikit penjelasan diatas, bahwa penglihatan binokuler mempunyai beberapa tingkatan yaitu² :

2.2.1 Persepsi Simultan

Persepsi simultan dapat dikatakan sebagai kemampuan retina dari kedua mata untuk menerima 2 bayangan yang berbeda secara simultan. Pada penglihatan binokular normal, kedua mata mempunyai titik fiksasi yang sama, yang terletak pada fovea sentralis di tiap-tiap mata. Bayangan dari suatu objek selalu terletak pada area retina yang identik, disebut sebagai titik-titik yang berkorespondensi pada retina. Objek yang terletak pada suatu lingkaran imajiner yang disebut horopter geometrik diproyeksikan ke titik-titik ini pada retina. Bayangan dari kedua retina oleh karena itu akan identik pada penglihatan binokular normal.

Istilah persepsi simultan juga terjadi pada mata dengan retina yang tidak berkorespondensi secara normal, dimana fovea mata menerima bayangan visual bersama yang abnormal dengan suatu elemen retina perifer pada mata yang deviasi. Persepsi simultan hanya menunjukkan terdapat atau tidaknya suatu supresi.²

2.2.2 Fusi

Fusi diartikan sebagai sebagai penyatuan eksitasi visual dari bayangan retina yang berkorespondensi menjadi suatu persepsi visual tunggal. Fusi terjadi pada bayangan di dalam area panum dan merupakan suatu refleks sensorimotor

otomatis. Persepsi objek di luar Area Panum menyebabkan diplopia fisiologik, yang dapat secara sadar diabaikan (supresi fisiologik).

Fusi mempunyai 2 komponen yaitu: 1) Fusi sensoris, adalah suatu proses kortikal penyatuan bayangan dari tiap mata ke dalam gambaran stereopsis binokular tunggal. Fusi ini terjadi ketika serabut saraf optik dari retina nasal menyilang di kiasma untuk menyatu dengan serabut saraf retina temporal yang tak menyilang dari mata lainnya. Bersama, serabut temporal ipsilateral dan serabut nasal kontralateral menuju ke nukleus genikulatum lateral dan selanjutnya ke korteks striata. Sel-sel kortikal binokular, bersama dengan neuron-neuron di Area asosiasi visual pada otak, menghasilkan penglihatan binokular tunggal dengan penglihatan stereopsis. 2) Fusi motoris, adalah suatu mekanisme yang memungkinkan pengaturan halus dari posisi mata untuk mempertahankan kesejajaran bola mata sehingga fusi sensoris dapat dipertahankan. Fusi motoris ini distimulasi oleh disparitas retina di luar Area Panum dan beraksi sebagai suatu mekanisme pengunci untuk menjaga mata sejajar pada target visual ketika target tersebut bergerak dalam ruang. Fusi motoris merupakan fungsi khusus dari retina perifer ekstrafovea. Tidak terdapat stimulus untuk fusi motoris ketika bayangan dari suatu objek visual yang difiksasi jatuh pada fovea tiap-tiap mata.²

2.2.3 Stereopsis

Stereopsis merupakan pengembangan lebih lanjut dari persepsi kedalaman binokuler. Stereopsis merupakan suatu fungsi luhur dari mata untuk membedakan kedalaman secara tiga dimensi. Stereopsis tidak dapat terjadi secara monokuler, dan kemampuan penglihatan stereoskopik yang baik hanya dapat dicapai apabila

fungsi dasar penglihatan dalam keadaan yang nyaris sempurna. Stereopsis dalam keadaan normal hanya dapat terjadi apabila terpenuhi tiga syarat berikut: (1) Adanya disparitas retina, yaitu perbedaan tipis yang ditangkap oleh kedua retina akan suatu objek yang sama, (2) Terjadi proses penggabungan kedua bayangan retina (fusi) yang mengalami disparitas, (3) Terdapat lebih dari satu objek yang dapat ditangkap oleh retina yang mempunyai jarak tertentu dan terletak dalam suatu daerah yang dinamakan “Area fusional Panum”.

Area fusional Panum adalah wilayah penglihatan stereoskopik. Jika seseorang memfokuskan pandangan di satu titik (titik fiksasi), benda-benda yang berada dalam Area fusional Panum dapat terlihat mata sebagai tiga dimensi. Sedangkan benda-benda yang berada di luar Area fusional Panum akan terlihat berbayang (diplopia fisiologis). Dengan menggunakan metode tertentu untuk menentukan horopter, Area Panum dapat ditentukan. Horopter adalah suatu lingkaran imajiner di mana objek-objek yang berada pada lingkaran tersebut dipersepsikan mempunyai jarak pandang yang sama. Konsekuensinya, benda yang berada di luar lingkaran horopter, akan terlihat lebih jauh, sedangkan benda yang berada di dalam lingkaran, akan terlihat lebih dekat.^{2,19}

2.2.3.1 Gangguan Penglihatan Stereoskopis

Kemampuan penglihatan stereoskopis tiap-tiap orang tidaklah sama. Ukuran ketajaman penglihatan stereoskopis disebut stereoakuitas (*stereoacuity*). Orang-orang yang mempunyai gangguan stereoakuitas derajat ringan-sedang disebut *stereoimpaired*, *stereodeficient*, atau *stereodispaired*. Sedangkan gangguan stereoakuitas yang berat disebut *stereoblind*. Menurut kepustakaan,

stereoakuitas yang normal antara 40 dan 60 detik busur tergantung dari alat ukur yang digunakan.^{20,21}

Tabel 2. Derajat stereoskopis

Designation	Range (detik busur)
Acutely stereosensitive	< 13
Stereonormal	13-109
Mildly stereoimpaired	110-300
Moderately stereoimpaired	301-1000
Markedly stereoimpaired	1000-2000
Streoblind	> 2000

Secara statistik, gangguan penglihatan stereoskopik paling banyak disebabkan oleh gangguan penglihatan binokuler, yaitu penderita ambliopia dan strabismus. Adanya ambliopia dan/atau strabismus pada seseorang secara dramatis mengurangi kemampuan penglihatan stereoskopis seseorang. Di Amerika Serikat, penderita gangguan penglihatan binokuler prevalensinya mencapai 12% dari seluruh populasi.^{20,22}

2.2.3.2 Kartu TNO

Instrumen yang bernama lengkap *TNO test for stereoscopic vision* dikeluarkan pada tahun 1972 oleh Netherlands Organisation for Applied Scientific Research. Pada dasarnya pengujian ini merupakan jenis stereogram titik-acak yang pernah dikembangkan oleh Julesz sebelumnya, dengan demikian diharapkan isyarat monokuler tidak dapat dipakai oleh subjek dalam pengujian ini.²¹

Kartu TNO dirancang terutama untuk menskrining anak usia 2 ½ sampai 5 tahun untuk mendeteksi adanya cacat penglihatan binokuler. Instrumen ini terdiri dari 7 kartu pemeriksaan berisi titik-acak yang dicetak secara *anaglyph* (berbeda warna namun terkesan bertumpuk). Subjek diminta mengidentifikasi bentuk-bentuk geometris dasar yang dilihatnya secara stereoskopik, akan tetapi hanya dapat terlihat jika memakai kacamata filter warna merah/hijau dan menggunakan ke dua matanya secara bersamaan. Tiga kartu pemeriksaan di awal (kartu I– III) memungkinkan pemeriksa untuk menskrining ada tidaknya penglihatan stereoskopik seseorang. Pengukuran disparitas retina yang terlihat pada tiga kartu di awal ini berukuran 2000 detik busur jika dilihat pada jarak pandang 40 cm. Kartu keempat (IV) digunakan untuk mengetahui adanya supresi pada salah satu mata, dengan demikian dapat cepat mengetahui adanya ambliopia. Tiga kartu pemeriksaan berikutnya (kartu V, VI, dan VII) dapat digunakan untuk penentuan stereoakuitas secara kuantitatif, yaitu mulai dari 480 semakin menurun sampai 15 detik busur. Apabila subjek tidak mampu melewati pemeriksaan dengan kartu yang menunjukkan angka 240 detik busur, maka boleh dikatakan bahwa subjek mengalami masalah dengan penglihatan binokulernya. Sama seperti stereogram titik-acak lainnya, subyek tidak dapat mengandalkan isyarat monokuler dalam melewati uji ini. Subjek diharuskan melihat dengan kacamata merah/hijau yang disertakan pada saat pembelian instrumen ini.^{23,24}

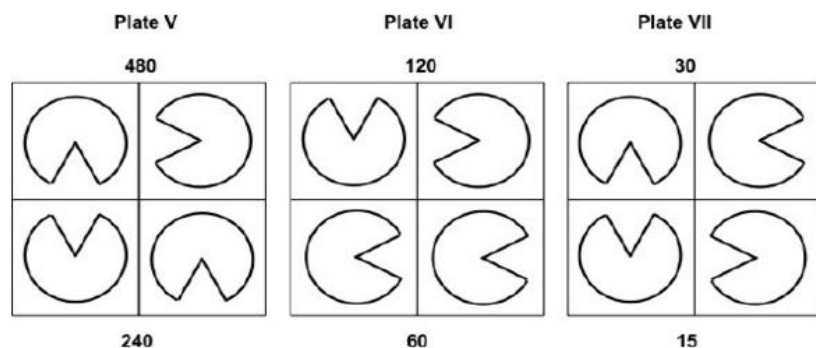
Prosedur melakukan pemeriksaan stereopsis dengan kartu TNO adalah sebagai berikut²⁴:

1. Penerangan di tempat pemeriksaan haruslah cukup terang

2. Tajam penglihatan subjek haruslah dalam kondisi terkoreksi maksimal (visus=6/6) dan subyek tidak mengalami strabismus.
3. Jarak pandang antara subjek dengan kartu pemeriksaan sekitar 40 cm
4. Subjek memakai kacamata filter merah/hijau yang disediakan
5. Subjek diharuskan melihat kartu pemeriksaan dengan kedua matanya
6. Kartu pemeriksaan harus terletak sejajar dengan subjek, tidak boleh miring ke kiri atau ke kanan
 - a. Pada kartu I, dengan menggunakan kacamata filter, subyek dapat melihat dua buah gambar kupu-kupu, tetapi salah satunya tersembunyi. Gambar tersebut hanya dapat terlihat dengan menggunakan kedua mata. Subjek diminta untuk menunjukkan kupu-kupu yang dia lihat.
 - b. Pada kartu II, subjek akan melihat empat buah lingkaran yang berbeda ukuran. Dua di antaranya, yang terbesar dan nomor dua terkecil hanya dapat terlihat secara stereoskopik. Subjek diminta mengurutkan ukuran lingkaran, mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar.
 - c. Pada kartu III, ada empat buah gambar tersembunyi, yaitu lingkaran, segitiga, bujur sangkar, dan wajik, yang tersusun di sekitar tanda +(plus) yang dapat terlihat dengan mata telanjang. Di halaman sebelahkiri kartu III, ada contoh keempat gambar yang dapat terlihat tanpa menggunakan kacamata filter. Subjek diminta untuk mencocokkan tempat di mana ia melihat gambar pada kartu

dengan contoh yang sesuai di halaman sebelumnya. Untuk memastikan apakah subjek mengerti instruksi dari pemeriksa, dimulai dengan tanda + (plus) terlebih dahulu.

- d. Pada kartu IV, dapat diperiksa adanya supresi pada salah satu mata. Pada orang normal, akan terlihat sebuah lingkaran kecil yang diapit oleh dua lingkaran yang lebih besar. Jika subjek hanya dapat melihat dua buah lingkaran, ditanya mana yang lebih besar, yang kiri atau yang kanan. Posisi lingkaran besar yang terlihat menunjukkan sisi mata manakah yang lebih dominan.
- e. Pada kartu V-VII, subjek akan melihat lingkaran yang sebagian sektornya hilang, yang ditampilkan dengan enam tingkat kedalaman yang berbeda (dua lingkaran di setiap tingkat kedalaman). Disparitas retina yang sesuai (paralaks binokuler) berkisar antara 480 sampai 15 detik busur. Jika subjek masih kanak-kanak, sangat berguna jika menginstruksikan kepadanya untuk menunjuk manakah bagian kue atau pai yang hilang.



Gambar 3. Kartu TNO.²¹

Jika digunakan untuk keperluan skrining ambliopia, kartu V semestinya digunakan sebagai kriteria lolos tidaknya uji TNO. Beberapa studi sebelumnya mengindikasikan bahwa pada tingkatan 240 detik busur, setidaknya 95% penderita ambliopia gagal mengenali bentuk yang ditunjukkan.²⁵ Jika pemeriksa ingin meningkatkan sensitivitas pengujian terhadap ambliopia, ia dapat menggunakan kriteria lolos tidaknya pengujian pada tingkatan 120 detik busur.²⁶ Jika kartu TNO digunakan untuk skrining penglihatan stereoskopik pada orang normal, maka umumnya dipakai patokan sama dengan 60 detik busur dianggap masih dalam batas normal.

Jika subjek sama sekali tidak dapat melihat gambaran stereoskopik pada pengujian TNO ini, maka kemungkinan bahwa ia mengalami gangguan penglihatan binokuler maupun monokuler.

2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stereoskopis

2.3.1 Gangguan Penglihatan Binokuler

Secara mendasar kualitas penglihatan stereoskopis bergantung pada kualitas penglihatan binokuler, baiknya penglihatan binokuler menyebabkan baiknya penglihatan stereoskopis.^{12,13} Sinar atau cahaya yang datang, bayangan yang terbentuk, proses dan kelainan anatomi turut menentukan penglihatan binokuler yang baik dan mempengaruhi penglihatan stereoskopis. Berikut merupakan gangguan mendasar yang dapat mempengaruhi penglihatan binokuler:

a. Gangguan otot mata

Otot penggerak bola mata terdiri dari 6 otot. Enam otot mata, yang mengontrol pergerakan bola mata, melekat pada bagian luar masing-

masing mata. Pada setiap mata, dua otot menggerakkan ke kanan dan ke kiri. Empat otot lainnya menggerakkan ke atas, ke bawah, dan memutar. Gangguan pergerakan otot bola mata dapat mempengaruhi mata dalam mendapatkan bayangan yang sama, dapat mempengaruhi fusi motorik yang menghasilkan perbedaan persepsi. Kelainan otot bola mata paling identik dengan strabismus. Strabismus (mata juling) adalah suatu kondisi dimana kedua mata tidak tertuju pada satu objek yang menjadi pusat perhatian secara bersamaan. Strabismus sering diteliti hubungannya dengan penglihatan binokuler yang sering menyebabkan kualitas penglihatan stereoskopis menjadi buruk.¹⁹

b. Gangguan refraksi

Gangguan refraksi adalah gangguan penerimaan bayangan yang tidak tepat jatuh pada retina, dalam hubungannya dengan penglihatan binokuler dalam berbagai penelitian sebelumnya yang dilakukan pada anak usia dini dijelaskan cukup berpengaruh dikarenakan miopia, hipermetropi, dan astigmatisma dapat menyebabkan terjadinya ambliopia, bahkan juga dilaporkan terdapat keterkaitan antara miopia berat dengan kejadian foria dan tropia. Penglihatan binokuler terutama stereoskopis dinilai normal bila syarat-syarat fisiologis penglihatan juga berjalan normal, baik dari segi fungsi media refrakta yang baik, fungsi dan kerjasama semua otot-otot yang berhubungan dengan mata, serta fungsi saraf yang baik untuk proses impuls menuju otak. Bila ada sedikit saja

penyimpangan syarat penglihatan fisiologis dapat menurunkan kualitas penurunan penglihatan binokuler.^{2,20,13,27}

c. Gangguan saraf optik

Dalam berbagai penelitian telah dijelaskan bahwa hal yang mendasari penglihatan binokuler ada beberapa, diantaranya adalah terjadinya fusi sensori dan fusi motoris, kedua fusi tersebut secara normal didasarkan pada kerja saraf optikus dan saraf-saraf yang mendasari kerja otot bola mata, dimana jika ada gangguan di salah satu keduanya dapat menyebabkan gangguan penglihatan binokuler dan gangguan stereopsis.^{2,22}

d. Aniseikonia

Adalah suatu keadaan dimana bayangan benda pada kedua mata tidak sama besar atau bentuknya. Tergantung besarnya perbedaan tersebut, aniseikonia dapat mempengaruhi fungsi penglihatan terutama aspek binokular seperti fusi dan stereopsis. Anisekonia dapat menurunkan efektivitas dengan mengurangi *disparity range*, yaitu suatu parameter yang terkait dengan daerah fisik dimana seseorang dapat mempersepsikan penglihatan secara stereopsis. Hal ini menjadi dasar dalam melakukan suatu tugas dalam jarak dekat misalnya penilaian jarak relatif dan memanipulasi benda.²⁸

e. Diplopia

Diplopia adalah gejala dimana pasien melihat dua tampilan dari satu objek. Hal tersebut dapat terjadi ketika satu mata ditutup (diplopia

monokuler), atau hanya ketika kedua mata terbuka (diplopia binokuler). Pada diplopia monokuler, kemungkinan penyebabnya adalah kesalahan refraksi tidak terkoreksi, gangguan kornea, katarak dan gangguan retina. Diplopia binokuler terjadi karena ketidaksejajaran mata, yang mungkin disebabkan oleh gangguan pada saraf, otot, persimpangan otot dan saraf, serta kelainan anatomis tulang sekitar mata. Diplopia dengan berbagai macam penyebab yang menghasilkan disparitas binokuler yang besar menyebabkan fusi dengan syarat bayangan harus berada di area panum tidak terpenuhi, hal ini dapat menyebabkan gangguan pada stereopsis.²

2.3.2 Usia

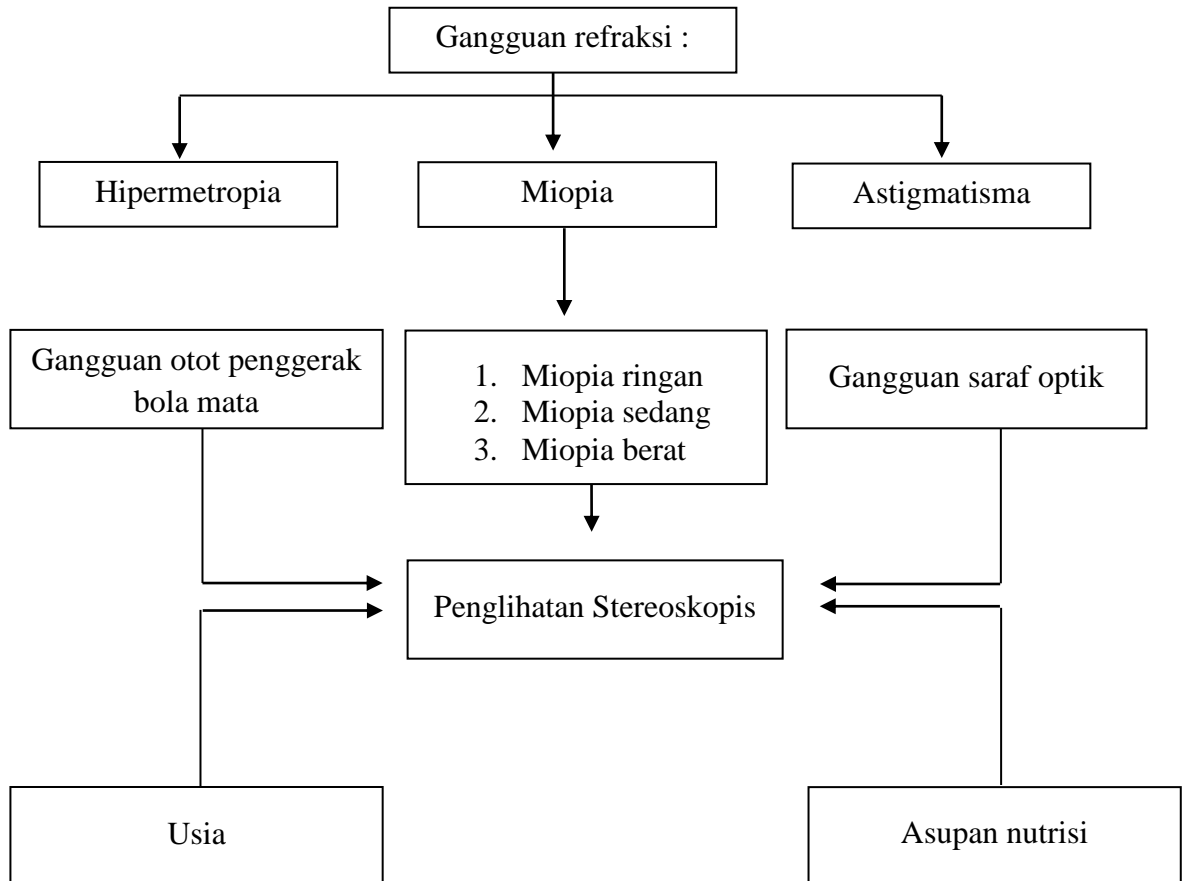
Terdapat hubungan yang kuat antara peningkatan umur dengan penurunan penglihatan stereoskopis. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan saraf pada jalur penglihatan yang terkait dengan penuaan, sehingga menyebabkan defisit dalam beberapa aspek fungsi penglihatan stereoskopis.^{5,29} Sesuai dengan penelitian Lafambroise *et al* yang menyatakan bahwa hasil penglihatan stereoskopis mengalami peningkatan dari 20 detik busur pada usia 10 tahun, menjadi 32 detik busur pada usia 85 tahun.²⁹

Beberapa penelitian lainnya menyatakan sebaliknya, pengaruh umur terhadap penglihatan stereoskopis hanyalah sedikit, bahkan usia tidak memberikan pengaruh terhadap penglihatan stereoskopis. Perbedaan hasil yang berbeda ini diakibatkan karena adanya perbedaan metodologi penelitian, dan perbedaan populasi subjek penelitian.²⁹

2.3.3 Asupan Nutrisi

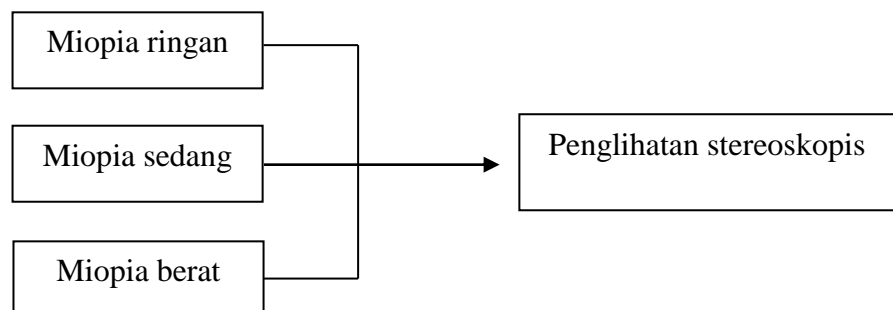
Asupan nutrisi saat bayi lahir maupun asupan nutrisi saat antenatal dapat berpengaruh terhadap perkembangan visual. Salah satu nutrisi yang dapat mempengaruhi perkembangan visual yaitu *docosahexaenoic acid* atau DHA yang berupa suatu rantai panjang *polyunsaturated fatty acid*. DHA merupakan suatu komponen struktural yang penting pada fotoreseptor dan membran saraf kotrikan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Cathy Williams *et al*, pemberian ASI pada bayi dan juga suplementasi minyak ikan pada ibu hamil (dimana terdapat kandungan DHA yang tinggi) memberikan pengaruh berupa penglihatan stereoskopis yang lebih baik pada anak usia 3,5 tahun. Hal ini disebabkan karena DHA dapat meningkatkan perkembangan visual secara optimal, dan juga dapat meningkatkan perkembangan retina secara pesat.³⁰

2.4 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka teori

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka konsep

2.6 Hipotesis

Terdapat perbedaan penglihatan stereoskopis pada penderita miopia ringan, sedang, dan berat.