

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Media Refraksi

2.1.1 Anatomi Media Refraksi

Refraksi mata adalah perubahan jalannya cahaya yang diakibatkan oleh media refrakta mata. Alat-alat refraksi mata terdiri dari permukaan kornea, *humor aqueous* (cairan bilik mata), permukaan anterior dan posterior lensa, badan kaca (*corpus vitreum*).

1) Kornea

Kornea adalah jaringan transparan yang ukuran dan strukturnya sebanding dengan kristal sebuah jam tangan kecil. Kornea ini disisipkan ke sklera di limbus, lekuk melingkar pada persambungan ini disebut sulkus skleralis. Kornea dewasa rata-rata mempunyai tebal 0,54 mm di tengah, sekitar 0,65 mm di tepi, dan diameternya sekitar 11,5 mm. Dari anterior ke posterior, kornea mempunyai lima lapisan yang berbeda-beda: lapisan epitel (yang bersambung dengan lapisan epitel konjungtiva bulbaris), lapisan Bowman, stroma, membran Descemet, dan lapisan endotel.⁵

Lapisan epitel mempunyai lima atau enam lapis sel, endotel hanya satu lapis. Lapisan Bowman merupakan lapisan jernih aseluler, yang merupakan bagian stroma yang berubah. Stroma kornea mencakup sekitar 90% dari ketebalan kornea. Bagian ini tersusun dari lamella fibril-fibril kolagen dengan lebar sekitar 1

μm yang saling menjalin yang hampir mencakup seluruh diameter kornea. Lamella ini berjalan sejajar dengan permukaan kornea dan karena ukuran dan periodisitasnya secara optik menjadi jernih. Membran Descemet adalah sebuah membran elastik yang jernih yang tampak amorf pada pemeriksaan mikroskopi elektron dan merupakan membran basalis dari endotel kornea.⁵ Kornea mata mempunyai kekuatan refraksi sebesar 40 dioptri.¹⁴

Sumber-sumber nutrisi untuk kornea adalah pembuluh-pembuluh darah limbus, *humor aqueous*, dan air mata. Kornea superfisialis juga mendapatkan oksigen sebagian besar dari atmosfer. Saraf-saraf sensorik kornea didapat dari percabangan pertama dari *nervus cranialis V* (trigeminus).^{5,15}

2) *Humor Aqueous*

Humor aqueous diproduksi oleh badan siliaris. Setelah memasuki *camera oculi posterior*, *humor aqueous* melalui pupil dan masuk ke *camera oculi anterior* dan kemudian ke perifer menuju ke sudut *camera oculi anterior*.^{5,15} *Humor aqueous* difiltrasi dari darah, dimodifikasi komposisinya, baru disekresikan oleh badan siliaris di *camera oculi posterior*. *Humor aqueous* diproduksi dengan kecepatan 2-3 $\mu\text{L}/\text{menit}$ dan mengisi kamera okuli anterior sebanyak 250 μL serta *camera oculi posterior* sebanyak 60 μL .

Humor aqueous mengalir di sekitar lensa dan melewati pupil ke ruang anterior. Sebagian air keluar mata melalui lorong-lorong dari *trabecular meshwork*. *Trabecular meshwork* adalah saluran seperti saringan yang mengelilingi tepi luar dari iris dalam sudut ruang anterior, dibentuk di mana menyisipkan iris ke dalam badan siliaris. Jumlah yang lebih sedikit masuk ke

dalam badan siliaris yang terbuka dan ke iris, di mana ia akhirnya berdifusi ke dalam pembuluh darah di sekitar bola mata.

3) Lensa

Lensa adalah struktur bikonveks, avaskular, tak berwarna dan hampir transparan sempurna. Tebalnya sekitar 4 mm dan diameternya 9 mm. Lensa digantung di belakang iris oleh *zonula* yang menghubungkannya dengan badan siliare. Di anterior lensa terdapat *humor aqueous*, di sebelah posteriornya terdapat *vitreus*. Kapsul lensa adalah suatu membran yang semipermeabel (sedikit lebih permeabel daripada dinding kapiler) yang akan memungkinkan air dan elektrolit masuk.⁵

Selapis epitel subkapular terdapat di depan. Nukleus lensa lebih keras daripada korteksnya. Sesuai dengan bertambahnya usia, serat-serat lamellar subepitel terus diproduksi, sehingga lensa semakin lama menjadi lebih besar dan kurang elastik. Nukleus dan korteks terbentuk dari lamellae konsentris yang panjang. Garis-garis persambungan yang terbentuk dengan persambungan lamellae ini ujung-ke-ujung berbentuk {Y} bila dilihat dengan slitlamp. Bentuk {Y} ini tegak di anterior dan terbalik di posterior. Masing-masing serat lamellar mengandung sebuah inti gepeng. Pada pemeriksaan mikroskopik, inti ini jelas dibagian perifer lensa didekat ekuator dan bersambung dengan lapisan epitel subkapsul.⁵

Lensa difiksasi ditempatnya oleh ligamentum yang dikenal sebagai *zonula* (*zonula Zinnii*), yang tersusun dari banyak fibril dari permukaan badan siliaris dan menyisip ke dalam ekuator lensa. Enam puluh lima persen lensa terdiri dari air,

sekitar 35% protein (kandungan protein tertinggi diantara jaringan-jaringan tubuh), dan sedikit sekali mineral yang biasa ada di jaringan tubuh lainnya. Kandungan kalium lebih tinggi di lensa daripada di kebanyakan jaringan lain. Asam askorbat dan glutathion terdapat dalam bentuk teroksidasi maupun tereduksi. Tidak ada serat nyeri, pembuluh darah atau saraf di lensa.⁵ Lensa memiliki kekuatan refraksi 15-10D.¹⁴

4) *Vitreus*

Vitreus adalah suatu badan gelatin yang jernih dan avaskular yang membentuk dua pertiga dari volume dan berat mata. *Vitreus* mengisi ruangan yang dibatasi oleh lensa, retina dan diskus optikus. Permukaan luar *vitreus* membran hialois-normalnya berkontak dengan struktur-struktur berikut: kapsula lensa posterior, serat-serat zonula, pars plana lapisan epitel, retina dan *caput nervi optici*. Basis vitreus mempertahankan penempelan yang kuat sepanjang hidup ke lapisan epitel pars plana dan retina tepat di belakang *ora serrata*. Perlekatan ke kapsul lensa dan nervus optikus kuat pada awal kehidupan tetapi segera hilang.⁵

Vitreus berisi air sekitar 99%. Sisanya 1% meliputi dua komponen, kolagen dan asam hialuronat, yang memberikan bentuk dan konsistensi mirip gel pada vitreus karena kemampuannya mengikat banyak air.^{5,15}

2.1.2 Fisiologi Penglihatan

Mata dapat dianggap sebagai kamera, dimana sistem refraksinya menghasilkan bayangan kecil dan terbalik di retina. Rangsangan ini diterima oleh

sel batang dan kerucut di retina, yang diteruskan melalui saraf optik (N II), ke korteks serebri pusat penglihatan. Supaya bayangan tidak kabur, kelebihan cahaya diserap oleh lapisan epitel pigmen di retina. Bila intensitas cahaya terlalu tinggi maka pupil akan mengecil untuk mengurangnya. Daya refraksi kornea hampir sama dengan *humor aqueous*, sedang daya refraksi lensa hampir sama pula dengan badan kaca. Keseluruhan sistem refraksi mata ini membentuk lensa yang cembung dengan fokus 23 mm. Dengan demikian, pada mata yang emetrop dan dalam keadaan mata istirahat, sinar yang sejajar yang datang di mata akan dibiarkan tepat di *fovea sentralis* dari retina. *Fovea sentralis* merupakan *posterior principal focus* dari sistem refraksi mata ini, dimana cahaya yang datang sejajar, setelah melalui sistem refraksi ini bertemu. Letaknya 23 mm di belakang kornea, tepat dibagian dalam *macula lutea*.^{16,17}

Mata mempunyai kemampuan untuk memfokuskan benda dekat melalui proses yang disebut akomodasi. Penelitian tentang bayangan Purkinje, yang merupakan pencerminan dari berbagai permukaan optis di mata, telah memperlihatkan bahwa akomodasi terjadi akibat perubahan di lensa kristalina. Kontraksi otot siliaris menyebabkan penebalan dan peningkatan kelengkungan lensa, mungkin akibat relaksasi kapsul lensa.^{16,17}

2.1.3 Kelainan Refraksi

Kelainan refraksi mata atau ametropia adalah suatu keadaan dimana bayangan tegas tidak dibentuk pada retina tetapi di bagian depan atau belakang bintik kuning dan tidak terletak pada satu titik yang tajam. Kelainan refraksi

dikenal dalam bentuk miopia, hipermetropia, dan astigmatisma.¹⁴

a. Hipermetropia merupakan kelainan refraksi, dimana sinar yang sejajar yang datang dari jarak tak terhingga, oleh mata yang dalam keadaan istirahat dibiaskan dibelakang retina

b. Miopia merupakan kelainan refraksi, dimana sinar sejajar yang datang dari jarak tak terhingga, oleh mata dalam keadaan istirahat dibiaskan di depan retina

c. Astigmatisma merupakan kelainan refraksi dimana terdapat perbedaan derajat refraksi pada meridian yang berbeda..¹⁶

2.2 Anisometropia

2.2.1 Pengertian

Nama ini diambil dari empat komponen bahasa Yunani: *an-* yang berarti tidak, *iso-* yang berarti sama, *metr-* yang berarti ukuran dan *ops* yang berarti mata. Secara harfiah anisometropia berarti ukuran mata yang tidak sama. Lebih jelasnya, anisometropia adalah suatu kondisi dimana terdapat perbedaan refraksi pada kedua mata. Adanya perbedaan tajam penglihatan antara mata kanan dan kiri lebih sensitif mempengaruhi penglihatan binokular.² Perbedaan yang signifikan pada kelainan refraksi antara kedua mata lebih dari 1.00D di meridian manapun cukup untuk dikategorikan sebagai anisometropia.¹⁸

Anisometropia dapat terjadi apabila:

1. Mata yang satu hipermetropia sedangkan yang lain miopia (antimetropia).
2. Mata yang satu hipermetropia atau miopia atau astigmatisma sedangkan yang

lain emetropia.

3. Mata yang satu hipermetropia dan yang lain juga hipermetropia, dengan derajat refraksi yang tidak sama.

4. Mata yang satu miopia dan yang lain juga miopia dengan derajat refraksi yang tidak sama.

5. Mata yang satu astigmatisma dan yang lain juga astigmatisma dengan derajat yang tidak sama.^{15,17}

2.2.2 Epidemiologi

Gambaran kejadian anisometropia secara global menunjukkan adanya peningkatan prevalensi secara sistematis yaitu 1% setiap 7 tahun.³ Prevalensi anisometropia yang dilaporkan sangat beragam untuk setiap negara mulai dari 1.6 di Australia hingga 35.5 di Myanmar. Hal ini mungkin dikarenakan perbedaan kelompok umur pada tiap sampel dari tiap negara.⁴ Selain itu, data penelitian menunjukkan terdapat prevalensi anisometropia lebih tinggi pada beberapa negara di Asia dibandingkan Amerika Serikat.³

2.2.3 Gejala

Berdasarkan penelitian, anisometropia dapat memunculkan gejala *asthenopia* parah seperti anisekonia, pusing, mual-mual, melihat lantai bergelombang, diplopia, kehilangan penglihatan binokular^{10,19} Menurut Friedenwald gejala anisometropia muncul apabila terdapat perbedaan bayangan yang diterima pada kedua retina (anisekonia).^{20,21} Gejala yang dialami pasien berbeda-beda bergantung pada tingkat keparahan anisometropia yang diderita.

2.2.4 Klasifikasi

1. *Simple anisometropia*: dimana refraksi satu mata adalah normal (emetropia) dan mata yang lainnya miopia (*simple myopic anisometropia*) atau hipermetropia (*simple myopic anisometropia*).
2. *Coumpound anisometropia*: dimana pada kedua mata hipermetropia (*coumpound hipermetropic anisometropia*) atau miopia (*coumpound myopic anisometropia*), tetapi sebelah mata memiliki gangguan refraksi lebih tinggi dari pada mata yang satunya lagi.
3. *Mixed anisometropia*: dimana satu mata adalah miopia dan yang satu lagi hipermetropia, ini juga disebut antimetropia.
4. *Simple astigmatic anisometropia*: dimana satu mata normal dan yang lainnya baik simple miopia atau hipermetropi astigmatisma.
5. *Coumpound astigmatismatic anisometropia*: dimana kedua mata merupakan astigmatism tetapi berbeda derajatnya.²²

Sloane 1979, membagi anisometopia menjadi beberapa tingkatan: pertama perbedaan refraksi antara kedua mata kurang dari 1,5D dimana kedua mata masih dapat dipakai bersama-sama dengan fusi yang baik dan stereoskopik, kedua perbedaan refraksi antara kedua mata 1,5D sampai 3D (perbedaan silinder lebih bermakna dibandingkan sferis) dan ketiga perbedaan refraksi lebih dari 3D.²

2.2.5 Etiologi

1. Kongenital dan anisometropia karena pertumbuhan, yaitu muncul disebabkan oleh perbedaan pertumbuhan dari kedua bola mata.

2. Anisometropia didapat, yaitu mungkin disebabkan oleh aphakia uniokular setelah pengangkatan lensa pada katarak atau disebabkan oleh implantasi lensa intra okuler dengan kekuatan yang salah.²²

2.2.6 Diagnosis

Diagnosis anisometropia dapat dibuat setelah pemeriksaan refraksi. Ada dua jenis pemeriksaan refraksi, objektif dan subjektif. Pemeriksaan refraksi subjektif menggunakan *Optotype Snellen* dan pemeriksaan objektif dilakukan menggunakan retinoskopi pada pasien yang penglihatannya berkurang.²² Pada pemeriksaan retinoskopi dinilai refleks fundus dan dengan ini dapat diketahui apakah seseorang menderita hipermetropia, miopia atau astigmatisma. Kemudian baru ditentukan berapakah perbedaan kekuatan refraksi antara kedua bola mata dan ditentukan besar kecilnya derajat anisometropia. Besar kecilnya derajat dapat ditentukan dengan menggunakan *trial lens* dan *trial frame*.

2.2.7 Penatalaksanaan

Anisometropia merupakan salah satu gangguan penglihatan, yaitu suatu keadaan dimana kedua mata terdapat perbedaan kekuatan refraksi, sehingga penatalaksanaan anisometropia adalah memperbaiki kekuatan refraksi kedua mata. Adapun beberapa penatalaksanaan baik menggunakan alat maupun tindakan, yaitu:

1. Kacamata. Kacamata koreksi bisa mentoleransi sampai maksimum

perbedaan refraksi kedua mata 4D. Lebih dari 4D koreksi dengan menggunakan kacamata dapat menyebabkan munculnya diplopia.

2. Lensa kontak. Lensa kontak disarankan untuk digunakan untuk anisometropia yang tingkatnya lebih berat.

3. Modalitas lainnya dari pengobatan, termasuk diantaranya:

a) Implantasi lensa intraokuler untuk aphakia uniokuler

b) *Refractive cornea surgery* untuk miopia unilateral yang tinggi, astigmata, dan hipermetropia

c) Pengangkatan dari lensa kristal jernih untuk miopia unilateral yang sangat tinggi.²²

2.3 Penglihatan Binokular Tunggal

2.3.1 Definisi

Istilah penglihatan binokular merujuk pada penglihatan normal menggunakan kedua mata. Gambar yang diterima oleh masing-masing mata atau rangsangan dari berbagai panjang gelombang dari spektrum yang terlihat, secara simultan ditangkap oleh otak. Sistem visual adalah salah satu sistem sensorik yang dipahami terbaik dan mungkin yang paling kompleks. Untuk penglihatan binokular, tiga komponen yang berpartisipasi dalam indra penglihatan (optik, otot dan saraf) harus berfungsi dengan baik. Jika hal ini tidak terjadi, setiap gambar terbentuk pada setiap retina tidak akan difokuskan pada titik-titik yang sesuai, dan

mata tidak akan mampu menempatkan dan mempertahankan setiap gambar retina pada fovea.²³

Penglihatan binokular dikatakan normal jika bifoveal dan tidak terdapat deviasi yang manifes. Penglihatan binokular dikatakan abnormal ketika bayangan dari objek yang difiksasi diproyeksikan dari fovea satu mata dan suatu area ektrafovea mata yang lain.²⁴ Gangguan penglihatan binokular memiliki prevalensi 32,3% pada penelitian di Spanyol.⁸ Penelitian lain di *New England* menemukan 42% dari subjek penelitian memiliki gangguan binokular dengan 25% di antaranya memiliki gejala anisometropia.⁹

2.3.2 Prinsip Penglihatan Binokular

Bayangan dari suatu objek tunggal yang menstimulasi titik-titik retina yang berkorespondensi pada kedua mata dikatakan sebagai disparitas. Disparitas binokular diartikan sebagai perbedaan dalam posisi dari titik-titik yang berkorespondensi di antara bayangan-bayangan pada kedua mata. Disparitas binokular dapat diklasifikasikan sebagai menyilang atau tidak menyilang dalam hubungannya terhadap titik dimana kedua mata bertemu (titik fiksasi). Titik-titik yang terlihat lebih dekat daripada titik fiksasi (di dalam lingkaran Vieth-Müller, suatu prediksi teoretik dari objek dalam ruang yang menstimulasi titik-titik yang berkorespondensi pada kedua mata) umumnya memiliki garis-garis penglihatan yang menyilang di depan titik fiksasi; titik-titik ini dikatakan memiliki disparitas menyilang. Titik-titik yang terlihat lebih jauh daripada titik fiksasi memiliki garis-garis penglihatan yang bertemu dibelakang titik fiksasi, ini disebut disparitas tidak

menyilang. Lingkaran Vieth-Müller menyilangi titik fiksasi dan pembukaan pupil dari tiap mata. Diplopia adalah hasil dari suatu disparitas binokular yang besar; bagaimanapun, sistem visual mampu untuk menyatukan dua bayangan ke dalam suatu persepsi tunggal dengan disparitas yang lebih kecil. Pada disparitas binokular yang berhubungan dengan penglihatan binokular normal, hubungan antara fusi motoris dan sensoris adalah lebih kompleks. Area Panum menentukan batas atas dari disparitas yang dapat menghasilkan penglihatan tunggal. Perbedaan-perbedaan kecil dalam persepsi dari kedua mata menimbulkan stereopsis, suatu persepsi kedalaman 3 dimensi.²⁴

2.3.3 Klasifikasi

Penglihatan binokular dibagi ke dalam 3 tingkat menurut klasifikasi Worth yang berguna dalam mengidentifikasi derajat penglihatan binokular yang terdapat yaitu tingkat pertama adalah persepsi simultan, tingkat kedua adalah fusi, dan tingkat ketiga adalah penglihatan stereoskopis.^{25,26}

2.3.4 Persepsi Simultan

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 tidak selalu menunjukkan terdapatnya fiksasi bifoveal karena juga terdapat pada korespondensi retina abnormal yaitu suatu keadaan dimana fovea mata yang fiksasi memperoleh suatu arah visual bersama yang abnormal dengan suatu elemen retina perifer pada mata yang deviasi. Persepsi simultan hanya menunjukkan terdapat atau tidaknya suatu supresi.²⁷

2.3.5 Fusi

Fusi diartikan sebagai sebagai penyatuan eksitasi visual dari bayangan retina yang berkorespondensi menjadi suatu persepsi visual tunggal. Fusi mempunyai 2 komponen yaitu fusi sensorik dan fusi motorik. Fusi sensorik adalah kemampuan untuk menghargai dua gambar yang sama, satu dengan setiap mata dan menafsirkannya sebagai satu gambar. Citra visual tunggal adalah ciri khas dari korespondensi retina. Untuk fusi sensorik terjadi, gambar tidak hanya harus terletak di daerah yang tepat pada retina tetapi juga harus cukup serupa dalam ukuran, kecerahan dan ketajaman untuk membuat fusi sensorik terjadi. Karenanya gambar yang tidak sama pada kedua mata termasuk penghambat fusi. Fusi motorik adalah kemampuan untuk menyelaraskan mata sedemikian rupa sehingga fusi sensorik dapat dipertahankan. Stimulus untuk gerakan mata fusional ini adalah disparitas retina di luar daerah Panum dan pergerakan mata ke arah yang berlawanan (*Vergence*). Tidak seperti fusi sensorik, fusi motorik adalah fungsi eksklusif dari pinggiran retina extrafoveal. Fusi, baik sensorik ataupun motorik,

selalu merupakan proses sentral yang terjadi di korteks visual.²⁷

2.3.6 Stereopsis

Tingkat ketiga dan tertinggi dari fungsi penglihatan binokular adalah stereopsis, yaitu persepsi kedalaman 3 dimensi binokular yang dihasilkan dari proses neural akibat stimulasi elemen-elemen retina yang berbeda secara horizontal oleh bayangan yang terletak di dalam area fusional Panum. Stimulasi elemen-elemen retina yang berbeda secara vertikal tidak akan menghasilkan stereopsis. Fusi sensoris merupakan hal yang esensial bagi terbentuknya stereopsis derajat tertinggi, tapi stereopsis derajat rendah masih dapat terjadi pada absennya fusi sensoris bahkan pada terdapatnya heterotropia seperti mikrotropia dan esotropia sudut kecil.

Terdapat batasan minimal dari responsivitas terhadap stimulasi elemen-elemen retina yang berbeda. Batasan ini menentukan ketajaman stereoskopis seseorang. Secara umum, rentang 15 hingga 30 detik busur dianggap sebagai ketajaman stereoskopis yang sangat baik. Ketajaman stereoskopis juga berhubungan dengan ketajaman visual seseorang. Ketajaman stereoskopis dapat menurun jika ketajaman visual menurun meskipun hal ini tidak berkorelasi secara linier.²⁴

2.3.7 Proses Stereopsis

Sebelum membahas rincian proses stereopsis, ada dua tanda kedalaman yang diduga digunakan oleh otak. Dua tanda fisiologis yang penting untuk persepsi kedalaman adalah konvergensi mata dan akomodasi lensa. Tingkat

dimana mata kita berkonvergensi tergantung pada di mana mata terfiksasi. Jika kita memfiksasinya pada sesuatu yang dekat mata lebih berkonvergensi daripada jika kita melihat sesuatu yang jauh. Akomodasi lensa ditentukan oleh di mana mata kita berfokus. Ketika berfokus pada sesuatu yang jauh, otot-otot di sekitar lensa santai dan lensa relatif tipis, tetapi jika mata berfokus pada sesuatu yang dekat maka lensa harus berubah bentuk. Karenanya otot di sekitar lensa berkontraksi untuk mengubah bentuk lensa. Jenis informasi yang berbeda ini, tentang tingkat kontraksi otot, tidak oleh sendiri berguna untuk otak, tapi apabila berkombinasi dengan input visual akan menjadi esensial untuk kemampuan mempersepsi kedalaman.²⁸

Selain itu, ada beberapa tanda kedalaman monokuler. Jika kita hanya membuka satu mata dan menggelengkan kepala maka akan mengalami persepsi kedalaman. Fenomena ini disebut *motion parallax*. Bayangan atau suasana dari suatu objek juga dapat memberikan persepsi kedalaman. Biasanya, kita bahkan tidak menyadari keberadaan tanda seperti itu, tetapi ada tanda lain yang hanya masuk akal jika dikombinasikan dengan pengetahuan tingkat tinggi atau hubungan yang dipelajari. Misalnya, jika salah satu permukaan / objek menutupi sebagian satu sama lain, kemungkinan besar bahwa permukaan / objek yang tertutup terletak lebih jauh. Ini mungkin tampak sangat jelas tetapi sebenarnya proses identifikasi parsial dari dua benda / permukaan telah terjadi, sehingga ekstensi spasial dapat ditentukan. Tanda lain berhubungan dengan ukuran benda. Jika ukuran objek telah diketahui sebelumnya, maka objek akan terlihat jauh jika menghasilkan gambaran lebih kecil di retina, dan sebaliknya jika menghasilkan

gambaran lebih besar. Ini hanya beberapa contoh dari tanda monokular, dan masih ada tanda lain misalnya perspektif, gradien tekstur, dan lain-lain.²⁸

Seperti disebutkan di atas, sejauh mana pengetahuan yang lebih tinggi terlibat dalam memanfaatkan tanda ini bervariasi, dan kadang-kadang mungkin lebih tepat untuk mengatakan bahwa kita berhadapan dengan *pure reasoning* daripada tanda. Namun mungkin sumber terpenting tentang persepsi kedalaman berasal dari gabungan informasi kedua mata. Kenyataan bahwa mata kita dipisahkan secara horizontal, gambar yang jatuh pada satu mata akan sedikit berbeda secara perspektif dari yang lain. Ini berarti bahwa fitur yang berbeda, yang membentuk gambar, tidak akan jatuh pada lokasi yang sama di dua retina. Besarnya penempatan horizontal ini, atau disparitas binokular, ditentukan oleh dua faktor yaitu konvergensi mata dan jarak ke permukaan yang memberikan peningkatan fitur pada retina. Sekarang, sinyal tentang konvergensi mata secara langsung diteruskan ke otak, dan disparitas binokular dapat secara tidak langsung diukur dari informasi gabungan dalam gambar yang sampai retina. Dengan demikian, semua informasi yang diperlukan tersedia bagi otak untuk menghitung kedalaman permukaan. Kemampuan otak untuk melakukan perhitungan ini disebut sebagai stereopsis.²⁸

Yang pertama kali menemukan peran disparitas binokular dalam melihat kedalaman adalah Wheatstone, yang pada tahun 1838 menemukan stereoskop pertama. Stereoskop menjadi cukup populer pada masa itu, tetapi setiap analisis yang lebih dalam tidak dapat dilakukan karena kurang tepatnya alat untuk menyelidiki, dan karena pengetahuan yang masih kurang tentang bagaimana

fungsi otak. Pandangan umum dari stereopsis saat itu adalah prosesnya bergantung pada pengenalan monokular. Terdapat pemikiran bahwa gambar dari setiap mata secara terpisah dianalisis, dan semua komponen dari gambar diidentifikasi dan dikenali sebelum mereka bisa dikombinasikan secara binokular. Keyakinan ini membuat fenomena stereopsis terjadi pada tingkat relatif tinggi dalam rantai kognitif karena harus terjadi setelah objek dikenali.²⁸

Tidak sampai abad berikutnya hal ini terbukti sebaliknya, yaitu ketika Bela Julesz (1960) mengembangkan stereogram titik acak. Sebuah stereogram titik acak tidak mengandung informasi dari bentuk monokular. Bila dilihat secara terpisah, semua orang dapat melihat titik-titik hitam yang tersebar di permukaan putih. Hanya ketika gambar menyatu dalam stereoskop atau dengan menyilangkan mata maka akan terlihat bentuk dan kedalaman pada permukaannya. Satu-satunya informasi yang tersedia untuk otak adalah disparitas binokular yang memisahkan titik-titik dalam satu gambar dari titik-titik yang sesuai pada gambar lainnya. Ini jelas menunjukkan bahwa disparitas binokular saja sudah cukup untuk memahami kedalaman, dan karena itu stereopsis tidak harus terjadi setelah pengenalan objek. Bahkan, sekarang diketahui bahwa stereopsis terjadi pada tingkat awal jalur visual. Sebuah temuan neurofisiologis penting oleh Barlowe, Blakemore dan Pettigrew (1967) menemukan neuron di daerah V1 yang selektif untuk disparitas horisontal antara masukan kedua mata.²⁸

2.3.8 Gangguan stereoskopis

Gangguan stereoskopis telah ditemukan terjadi pada beberapa kondisi.

Penelitian menunjukkan gangguan stereoskopis terjadi pada pasien Parkinson.²⁹ Selain itu penderita strabismus juga terbukti memiliki gangguan stereoskopis yang cukup berarti.³⁰ Penyakit lain yang sering mengalami gangguan stereoskopis adalah ambliopia atau mata malas.³¹ Penderita penyakit saraf seperti Alzheimer dan demensia vaskuler juga terbukti memiliki gangguan stereoskopis.^{32,33} Stereoskopis juga ditemukan menurun seiring bertambahnya umur.³⁴

2.3.9 Pemeriksaan Stereoskopis

Pemeriksaan stereoskopis secara garis besar dibagi menjadi dua kategori yaitu stereogram titik acak dan stereogram kontur. Stereogram titik acak pertama kali diperkenalkan oleh Julesz pada tahun 1960 dan menggunakan teknik pemeriksaan tanpa menyajikan kontur yang terlihat secara monokuler. Tidak adanya kontur berarti persepsi bentuk tidak akan terjadi hingga disparitas horizontal dapat diproses pada cortex visual. Proses ini disebut stereopsis global. Kontur yang terlihat secara monokuler dapat ditemukan pada stereogram kontur sehingga meniadakan kebutuhan stereopsis global. Sehingga pada stereogram kontur hanya dibutuhkan stereopsis lokal.³⁵

Adanya kontur yang terlihat secara monokuler pada *stereotest* membantu mekanisme fusi sehingga mengurangi kebutuhan kontrol motorik mata yang akurat. Akibatnya, anak-anak yang memiliki kontrol okulomotor buruk lebih mungkin untuk lulus tes yang mengandung kontur yang terlihat secara monokuler. Sebaliknya, stereogram titik acak telah berulang kali terbukti memerlukan fiksasi bifoveal akurat, bahkan pada tingkat disparitas di atas ambang batas. Hal ini

menunjukkan bahwa tidak adanya kontur yang terlihat secara monokuler di stereogram titik acak membuat mereka lebih cocok untuk skrining visi keseluruhan.³⁵

Ada beberapa cara untuk menghasilkan disparitas pada *stereotest* baik dengan ataupun tanpa kontur. Tes kedalaman nyata memberikan disparitas dengan menghadirkan target pada jarak yang sedikit berbeda, yang memungkinkan tes dilakukan pada ruang bebas tanpa menggunakan filter. Kerugian utama dari teknik ini adalah banyaknya perancu tes yang mungkin terdapat dalam ruang bebas. Oleh karena itu kondisi pengujian harus dikontrol ketat sehingga ruang bebas dari perancu.³⁵

Teknik kedua adalah *vectography*. Teknik ini menggunakan pelat uji terpolarisasi yang bekerja sama dengan filter terpolarisasi untuk menyajikan disparitas. Susunan silang polarisasi memungkinkan satu gambar yang disajikan ke mata berbeda dengan dengan yang disajikan ke mata lainnya. Teknik *anaglyph* mirip dengan metode *vectography* dengan memberikan cetakan dan filter berwarna merah dan hijau untuk mengisolasi gambar untuk setiap mata. Selain itu ada pula teknik *panography* yang menggunakan layar silinder pada tesnya.³⁵

Stereogram titik acak meliputi random Dot E (Stereo Optical Co), TNO (Lameris Ootech), Frisby dan Lang *stereotest*, sedangkan tes kontur stereogram yang paling banyak digunakan mungkin adalah Titmus *stereotest*. Randot *Stereotest* terdiri dari beberapa bagian, beberapa di antaranya memiliki format *Random-dot Stereotest* dan beberapa di antaranya mengandung kontur yang terlihat secara monokuler.³⁵

2.3.10 TNO *Stereotest*

TNO *stereotest* menggunakan teknik *anaglyph* dan pola titik acak untuk menyajikan disparitas kasar (sekitar 2000 detik busur) pada tes skrining dan disparitas lebih halus (480-15 detik busur) pada tes *stereoacuity*. Tes skrining biasanya dilakukan pada orang yang sudah memiliki gangguan stereopsis sementara tes *stereoacuity* dilakukan pada orang dengan penglihatan stereoskopis normal untuk melihat seberapa baik kemampuan stereopsisnya.³⁶ Alat ini terdiri dari 7 halaman dengan instruksi dan fungsi yang berbeda setiap halamannya. Cara menggunakan TNO *stereotest* adalah sebagai berikut :

- 1) Pasien duduk santai dengan jarak 40 cm dengan TNO *stereotest*.
- 2) Pasien diminta untuk menggunakan kacamata merah-hijau untuk keperluan test.
- 3) Pada halaman pertama, pasien diminta untuk menyebutkan jumlah dan letak kupu-kupu yang terlihat.
- 4) Pada halaman dua, pasien diminta untuk menyebutkan jumlah dan mengurutkan ukuran lingkaran yang terlihat dari yang paling besar hingga paling kecil.
- 5) Pada halaman tiga, pasien diminta untuk menyebutkan bentuk yang terlihat beserta urutan lokasinya.
- 6) Pada halaman keempat, pasien diminta untuk menyebutkan jumlah lingkaran serta warna yang terlihat.
- 7) Pada halaman lima hingga tujuh, pasien diminta untuk menyebutkan sektor yang hilang pada setiap lingkaran.

- 8) Jika pasien gagal menyebutkan jawaban yang benar pada satu halaman, maka tes tidak dilanjutkan.

Keuntungan penggunaan TNO *stereotest* ada beberapa yaitu :

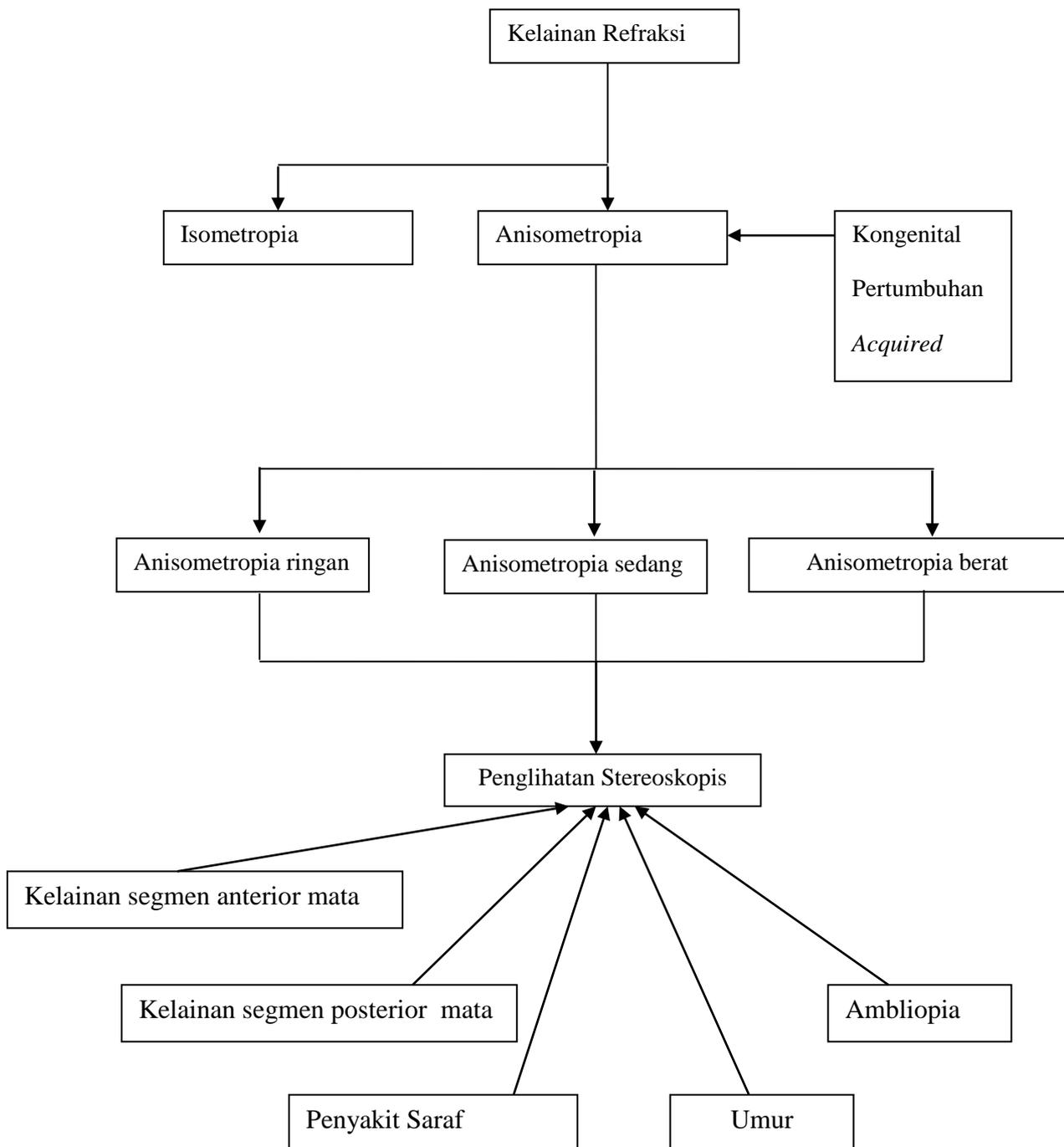
- 1) Alatnya mudah digunakan.
- 2) Merupakan stereogram titik acak sehingga yang diukur adalah stereopsis global yang membutuhkan kerja sama kedua mata.
- 3) Memiliki gambar yang terlihat secara monokuler sehingga pasien tidak akan mengetahui apabila dia gagal dalam melakukan tes.

Kerugian TNO *stereotest* adalah filter merah-hijau dapat menyebabkan disosiasi binokuler lebih besar dibandingkan dengan filter polarisasi, yang sering mengakibatkan hasil lebih buruk.³⁷ Selain itu TNO *stereotest* lebih jarang digunakan untuk pemeriksaan karena lebih mahal dan susah didapatkan.

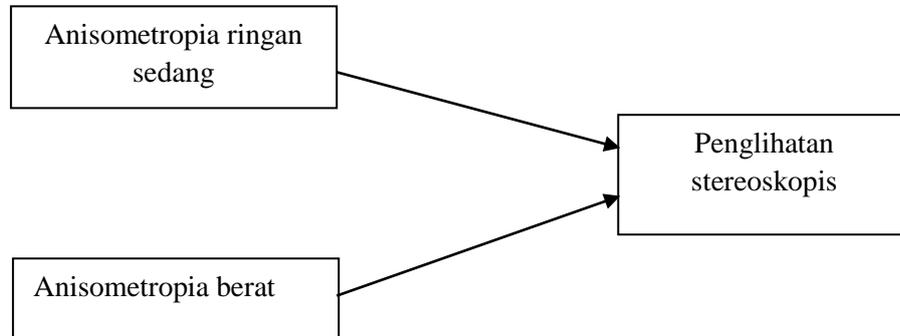


Gambar 1. TNO *Stereotest*

2.4 Kerangka Teori



2.5 Kerangka Konsep



2.6 Hipotesis

Terdapat perbedaan penglihatan stereoskopis pada penderita anisometropia ringan-sedang dan berat.