

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tajam penglihatan

Penglihatan memiliki lima fungsi utama, yaitu tajam penglihatan, sensitivitas terhadap kontras, penglihatan terang, lapangan pandang, dan penglihatan warna.¹¹ Tajam penglihatan didefinisikan sebagai kemampuan untuk membaca pola tes standar dengan jarak tertentu, yang biasanya dinilai dalam bentuk rasio. Berbagai macam pemeriksaan telah dikembangkan dan digunakan hingga saat ini.¹²

2.1.1 Pemeriksaan tajam penglihatan

Pemeriksaan untuk mengetahui tajam penglihatan dibagi menjadi¹³:

a. *Minimum Visible Acuity*

Menghitung *brightness discrimination*, atau kemampuan seseorang untuk mendeteksi perbedaan kecil dari intensitas cahaya dari dua sumber cahaya. *Minimum visible acuity* ditentukan dengan membedakan objek yang berpendar dengan latar belakang yang homogen dan tidak dipengaruhi oleh besar sudut penglihatan objek.^{7,13}

b. *Minimum Perceptible Acuity*

Menghitung kemampuan untuk mendiskriminasi dan deteksi benda, tanpa mementingkan identifikasi atau penamaan dari benda tersebut. Sebagai contoh, seorang anak diperiksa apakah dapat melihat dan meraih permen kecil yang berada di tangan pemeriksa.¹³

c. *Minimum Separable Acuity*

Menghitung ambang resolusi atau sudut terkecil di mana 2 objek dapat dibedakan (kemampuan untuk mendeteksi jarak antara 2 objek). Kemampuan ini dipengaruhi oleh kontras objek dan densitas fotoreseptor di fovea. Contoh dari pemeriksaan ini adalah *two point discrimination*, Landolt C, E game dan *grating acuity*.^{7,13}

d. *Vernier Acuity (hyper acuity)*

Menghitung diskriminasi visual dengan presisi tinggi di mana dilakukan *vernier alignment*.¹³

e. *Minimum Legible Acuity*

Menghitung kemampuan seseorang untuk mendiskriminasi objek yang disusun secara progresif menjadi semakin kecil (huruf, angka, maupun benda) yang disebut sebagai optotipe. Tajam penglihatan dilihat dari huruf atau objek terkecil yang dapat didiskriminasi. Tipe pemeriksaan ini adalah yang paling sering digunakan.¹³ Optotipe yang sering digunakan di klinik antara lain adalah Snellen, Sloan, dan *Allan recognition figures*.⁷

2.1.2 Pemeriksaan retinometri

Metode pemeriksaan retinometri adalah salah satu jenis pemeriksaan Interferometri atau metode interferometer klinis, yang bersamaan dengan *pinhole aperture* dan *potential acuity meter* dapat memeriksa tajam penglihatan secara langsung ke makula, sehingga termasuk dalam pemeriksaan tajam penglihatan *non wall projection charts*.

Prinsip dari pemeriksaan tajam penglihatan langsung pada makula adalah memproyeksikan bayangan dengan diameter kecil di retina melalui celah-celah kekeruhan media refraksi, sehingga dapat menghilangkan efek *scattering* oleh karena kekeruhan media tersebut. Selain itu, dengan metode pemeriksaan ini, pemeriksa dapat menilai tajam penglihatan tanpa dipengaruhi oleh faktor media refraksi dan sistem refraksi, sehingga dapat membantu mengidentifikasi kelainan pada sistem persarafan mata maupun segmen posterior mata.

Beberapa penelitian mengenai akurasi pemeriksaan ini telah dilakukan, namun analisisnya cukup sulit karena dilakukan pada populasi yang berbeda. Interferometri memiliki kemampuan lebih baik dalam penetrasi kekeruhan lensa yang sudah rata dibandingkan dengan *potential acuity meter*.

Alat yang digunakan dalam pemeriksaan retinometri dinamakan retinometer. Retinometer sudah biasa digunakan pada pasien dengan kekeruhan lensa seperti katarak, di mana pemeriksaan retinometri dapat memprediksi tajam penglihatan pasien setelah dilakukan operasi.

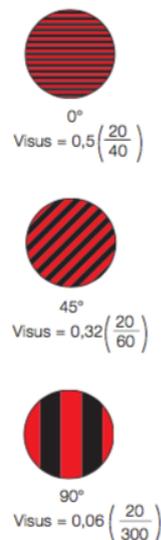


Gambar 1. Retinometer Heine Lambda 100¹⁴

Selain dengan retinometer, metode pemeriksaan interferometri juga dapat dilakukan dengan menggunakan *laser*, dengan biaya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan retinometer. Keunggulan dari retinometer adalah:

- a. Sederhana, mudah digunakan
- b. Tidak menggunakan kabel, sehingga mobilitas maksimal
- c. Ringan (100g), dapat digunakan kapan saja
- d. Menggunakan teknologi xenon halogen dan terdapat tingkatan intensitas cahaya, sehingga nyaman digunakan pasien.

Retinometri menggunakan prinsip pemeriksaan *grating acuity*, yaitu merupakan salah satu pemeriksaan *minimum separable*, obyek yang diproyeksikan adalah gambaran *grating dark and light* di retina, dan diperlukan 2 area kecil di pupil yang dilalui oleh 2 obyek, yang kemudian keduanya saling tumpang tindih sehingga terbentuk bayangan *grating dark and light* di retina. Pola dari ketajaman *grating* pada retinometer berupa garis-garis hitam dan merah.



Gambar 2. Contoh pola *grating* pada retinometer¹⁴

Berikut ini adalah tata cara pemeriksaan retinometri menggunakan retinometer heine lambda 100:

- a. Jelaskan tujuan dan prosedur pemeriksaan.
- b. Posisikan subjek duduk di depan pemeriksa.
- c. Nyalakan Retinometer, atur derajat kelainan refraksi sesuai hasil pemeriksaan sebelumnya, pilih ketajaman, sudut *grating*, kurangi pencahayaan di sekitar.
- d. Posisikan Retinometer di dahi subjek. Cari pupil dengan titik cahaya merah untuk menemukan “*window*” supaya subjek dapat melihat *grating pattern* dan mengidentifikasi kemiringannya.
- e. Ubah *grating pattern* menjadi semakin halus dan ubah juga kemiringannya secara bertahap. Selalu minta subjek untuk mengidentifikasi sudutnya.
- f. Lakukan hingga subjek tidak bisa mengidentifikasi kemiringan itu lagi. *Grating* terakhir yang dapat ditentukan derajat kemiringannya oleh subjek penelitian adalah visus potensialnya.



Gambar 3. Pemeriksaan Retinometri¹⁴

2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi tajam penglihatan

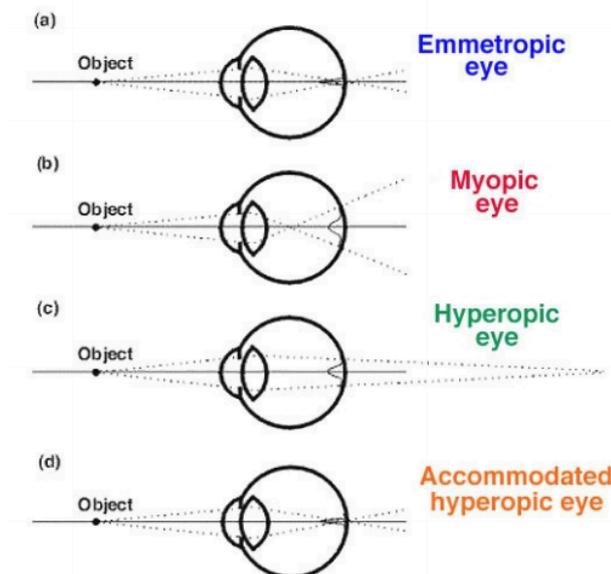
Tajam penglihatan seseorang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor media refraksi (kornea, *aqueous humor*, lensa, dan *corpus vitreum*), faktor sistem refraksi (panjang aksial bola mata, kelainan refraksi), serta sistem persarafan mata (retina, makula, nervus optikus, serta korteks serebri).^{7,15}

a. Faktor media refraksi

Pada media refraksi, faktor yang dapat mempengaruhi tajam penglihatan adalah kejernihan dari media refraksi mata. Keadaan media refraksi yang keruh akan menyebabkan penurunan tajam penglihatan karena cahaya terhalang oleh kekeruhan. Selain itu, dapat terjadi *scattering* sehingga bayangan yang jatuh ke retina tidak sempurna. Contoh keadaan di mana terjadi kekeruhan pada media refraksi adalah pada penyakit katarak.⁷

b. Faktor sistem refraksi

Pada kelainan refraksi, fokus cahaya yang masuk tidak tepat pada retina terutama makula, sehingga bayangan menjadi kabur. Hal tersebut menyebabkan ketidakmampuan seseorang untuk mendiskriminasi tepi yang tajam, *fine detail*, dan *contrast sensitivity* dengan mempengaruhi *point spread function*. Kelainan refraksi seperti miopia dan hiperopia menyebabkan *point spread function* menyebar lebih lateral, sehingga mempengaruhi resolusi.^{7,16}



Gambar 4. *Point Spread Function* pada berbagai kelainan refraksi¹⁶

c. Sistem persarafan mata

Tajam penglihatan juga dipengaruhi oleh area pada retina yang menjadi tempat jatuhnya bayangan, karena densitas dari sel kerucut yang terdapat di suatu area pada retina mempengaruhi tajam penglihatan. Sel kerucut banyak terdapat pada fovea yaitu titik tengah dari makula, sehingga tajam penglihatan tertinggi ditemukan apabila bayangan jatuh tepat di fovea. Hanya dengan jarak sudut 5' dari fovea, sudah terdapat penurunan tajam penglihatan. Pada jarak sudut 10', didapatkan penurunan tajam penglihatan sebesar 25%. Penurunan densitas dari sel kerucut didapatkan pada penyakit degeneratif pada makula seperti *age-related macular degeneration*.^{16,17}

2.2 Kelainan refraksi

Emetropia adalah tidak adanya kelainan refraksi dan ametropia adalah adanya kelainan refraksi. Kelainan refraksi terdiri dari miopia, hiperopia, dan astigmatisme.¹⁸

a. Miopia

Miopia terjadi ketika benda yang terletak jauh difokuskan di depan retina oleh mata yang tidak berakomodasi. Derajat miopia dapat diperkirakan dengan menghitung kebalikan dari jarak titik jauh (titik tempat bayangan terlihat paling tajam fokusnya di retina). Sebagai contoh, titik jauh sebesar 0,25 m menandakan perlunya lensa koreksi minus 4.00 Dioptri.¹⁸

Lensa sferis konkaf (minus) biasanya digunakan untuk mengoreksi bayangan pada miopia. Lensa ini memundurkan bayangan yang tadinya jatuh di depan retina menjadi tepat ke retina.¹⁸

b. Hiperopia

Hiperopia adalah keadaan di mana mata memfokuskan bayangan di belakang retina saat sedang tidak berakomodasi. Pada kondisi ini, sinar sejajar difokuskan di belakang makula lutea. Hal ini dapat disebabkan oleh berkurangnya panjang aksial bola mata (hiperopia aksial), seperti pada kelainan kongenital tertentu, atau menurunnya indeks refraksi (hiperopia refraktif), seperti pada afakia (tidak mempunyai lensa).^{15,18}

c. Astigmatisme

Pada astigmatisme, berkas sinar tidak difokuskan pada satu titik dengan tajam retina akan tetapi pada 2 garis titik api yang saling tegak lurus yang terjadi akibat kelainan kelengkungan permukaan kornea.¹⁵

Kelainan astigmatisme dapat dikoreksi dengan lensa silindris, dan sering kali dikombinasi dengan lensa sferis.¹⁸

2.3 Miopia

2.3.1 Definisi miopia

Miopia adalah salah satu tipe kelainan refraksi di mana sinar-sinar paralel (jarak jauh) jatuh jauh di depan retina ketika mata sedang tidak berakomodasi. Kondisi ini sering disebut *short sightedness* atau *nearsightedness*. Pada miopia, terdapat kelainan pada proses pemfokusan sehingga obyek dengan jarak jauh tampak kabur.¹⁹

2.3.2 Epidemiologi miopia

Miopia merupakan kelainan mata yang memiliki prevalensi paling tinggi di dunia. Menurut WHO, prevalensi miopia meningkat secara signifikan di setiap tahunnya dengan kecepatan yang cukup mengkhawatirkan.³ Pada tahun 2011, miopia dilaporkan sudah mengenai hampir 33% orang dewasa di Amerika Serikat, dan 85-90% di negara-negara Asia. Sementara untuk anak-anak, angka prevalensi miopia di Amerika Serikat termasuk ringan yaitu 5%, tidak demikian dengan anak-anak di Asia yang memiliki prevalensi setinggi 29% pada anak usia 7 tahun.⁵

Sementara di Indonesia, pada tahun 2014 prevalensi miopia menempati tingkat urutan pertama penyakit mata dan ditemukan jumlah penduduk dengan kelainan refraksi di Indonesia hampir 25% populasi penduduk atau sekitar 55 juta jiwa.⁴

Prevalensi miopia selama 50 tahun terakhir meningkat dengan signifikan. Pada tahun 2011 sudah mengenai 1.6 milyar populasi di dunia, dan diestimasi meningkat hingga 2,5 milyar pada tahun 2020.⁵

Studi longitudinal telah membuktikan bahwa derajat miopia berhenti meningkat lebih awal pada perempuan dibandingkan laki-laki, yaitu rata-rata 14,44-15,28 tahun pada perempuan dan 15,01-16,66 pada laki-laki. Meskipun demikian, progresivitas miopia tetap dapat ditemukan pada usia setelah pubertas meskipun dengan kecepatan yang lebih lambat, dengan peningkatan panjang aksial bola mata sebagai komponen utama dari progresivitas tersebut.²⁰

2.3.3 Etiopatogenesis miopia

Miopia dapat dikatakan sebagai keadaan mata di mana panjang fokus media refrakta lebih pendek dari sumbu orbita (panjang aksial bola mata yang diukur dari kornea hingga makula lutea di retina). Berdasarkan pengertian ini, maka dikenal beberapa jenis miopia berdasarkan etiopatogenesisnya, yaitu¹⁹:

a. Miopia aksial

Miopia jenis ini disebabkan oleh peningkatan panjang anteroposterior atau panjang aksial dari bola mata. Dalam hal ini, panjang fokus media refrakta adalah normal ($\pm 22,6$ mm) sedangkan panjang sumbu orbita $> 22,6$ mm. Untuk setiap milimeter tambahan panjang sumbu, mata kira-kira lebih miopik - 3.00 D.¹⁸

b. Miopia kurvatura (Miopia refraktif)

Miopia kurvatura disebabkan peningkatan kurvatura dari kornea atau kedua permukaan lensa. Dengan kata lain, unsur-unsur pembias pada mata lebih refraktif dibandingkan dengan rata-rata.¹⁸ Peningkatan 1 mm menimbulkan perubahan refraktif sebesar 6.00 D.¹⁹

2.3.4 Faktor risiko miopia

a. Faktor internal

- Faktor genetik

Anak-anak dengan salah satu orang tua penderita miopia memiliki risiko 2 kali lipat terkena miopia, dan anak-anak dengan kedua orang tua penderita miopia memiliki risiko 8 kali lipat dibandingkan anak-anak tanpa orang tua penderita miopia.²¹ Risiko terjadinya miopia pada anak dengan orang tua penderita miopia juga dipengaruhi oleh derajat keparahan miopia orang tuanya.²²

b. Faktor eksternal

- Aktivitas luar ruangan

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa aktivitas luar ruangan adalah faktor independen yang berasosiasi negatif dengan miopia. Di Singapura, dilakukan studi belah lintang pada tahun 2006 mengenai hubungan aktivitas luar ruangan dengan miopia pada remaja. Hasilnya, sampel penelitian yang menghabiskan waktu di luar ruangan lebih banyak didapatkan lebih jarang terkena miopia. Maka dari itu, aktivitas luar ruangan dapat mencegah perkembangan miopia pada anak-anak.²³

- Aktivitas yang membutuhkan melihat secara dekat (*near work*)

Meskipun miopia tidak berhubungan dengan durasi *near work* secara signifikan, ada beberapa hubungan yang signifikan antara miopia dengan jarak membaca dekat (<30 cm) dan membaca terus menerus (>30 menit) di mana faktor tersebut meningkatkan risiko terjadinya miopia.²⁴

- Pendidikan

Beberapa studi yang meneliti pengaruh pendidikan pada miopia telah menemukan korelasi yang konsisten antara tingkatan pendidikan tinggi dengan prevalensi miopia yang tinggi.²¹ Pada studi epidemiologi, tingkatan pendidikan biasanya dihitung dari lama durasi pendidikan formal atau prestasi. Kedua faktor baik durasi maupun prestasi sangat berhubungan dengan waktu yang digunakan untuk membaca dan menulis. Maka dari itu, tingkatan pendidikan juga berhubungan dengan *newar work*.²⁵

2.3.5 Klasifikasi miopia

Miopia diklasifikasikan menjadi beberapa macam, dengan sistem klasifikasi yang berbeda-beda (Tabel 2).²

Tabel 2. Klasifikasi miopia²

Tipe Klasifikasi	Jenis Miopia
Kedaaan klinis	<i>Simple myopia</i> (miopia simpel) <i>Nocturnal myopia</i> <i>Pseudomyopia</i> <i>Degenerative myopia</i> (miopia patologis) <i>Induced myopia</i> (miopia didapat/sekunder)
Derajat	Miopia ringan (< - 3.00 D) Miopia sedang (- 3.00 D s.d. - 6.00 D) Miopia tinggi (> - 6.00 D)
Usia	Miopia kongenital (ada sejak lahir dan tetap ada selama masa bayi) <i>Youth-onset myopia</i> (usia <20 tahun) <i>Early adult-onset myopia</i> (usia 20-40 tahun) <i>Late adult-onset myopia</i> (usia >40 tahun)

Pada penelitian ini, digunakan tipe klasifikasi miopia sesuai derajatnya. Miopia ringan adalah miopia dengan derajat - 3.00 D atau lebih rendah. Miopia sedang adalah miopia dengan derajat antara - 3.00 D s.d. - 6.00 D. Pasien miopia sedang lebih berisiko terkena *pigment dispersion syndrome* atau *pigmentary glaucoma*. Sementara itu, miopia tinggi adalah miopia dengan derajat $> - 6.00$ D. Pasien dengan miopia tinggi memiliki risiko terjadinya *retinal detachment* dan *primary open angle glaucoma*. Pasien miopia tinggi juga lebih rentan melihat *floaters*, objek-objek seperti bayangan yang tampak tunggal maupun multipel di lapangan penglihatan.²⁶

2.3.6 Diagnosis miopia

Diagnosis miopia diperoleh dari gejala klinis dan pemeriksaan penunjang untuk menilai refraksi. Gejala klinis utama pasien miopia adalah pandangan kabur untuk melihat jarak jauh. Titik terjauh bervariasi, dan berbanding terbalik dengan derajat miopia. Dengan meningkatnya derajat miopia, titik jauh penglihatan jelas menjadi lebih dekat. Dengan begitu, pasien miopia cenderung melihat dekat objek dan bahan bacaan, dan mungkin kurang tertarik dengan aktivitas yang membutuhkannya untuk melihat jarak jauh. Mengerut dan menjuling biasa dilakukan karena tajam penglihatan membaik bila celah mata dipersempit.¹⁵

Selain dari keluhan pasien dan gejala klinis, dokter juga membutuhkan pemeriksaan refraksi untuk mendiagnosis seseorang menderita miopia. Pemeriksaan penunjang untuk menilai refraksi tersebut meliputi tajam penglihatan, retinoskopi yang memungkinkan pemeriksa secara objektif menentukan kesalahan

refraktif spherosilindris, serta ultrasonografi (USG) untuk mengukur panjang aksial bola mata, namun USG memerlukan biaya yang relatif mahal.²⁷

Pemeriksaan yang paling sederhana dan paling sering dilakukan adalah pemeriksaan visus koreksi menggunakan *Snellen chart* dengan tata cara berikut:

- d. Jelaskan tujuan dan prosedur pemeriksaan.
- e. Mintalah penderita duduk pada jarak 6 meter dari *Snellen chart*.
- f. Minta penderita untuk melihat ke depan dengan rileks tanpa melirik atau mengerutkan kelopak mata.
- g. Minta penderita untuk menyebutkan huruf, angka, atau simbol yang ditunjuk dimulai pada baris yang terakhir bisa dilihat dengan jelas oleh pasien saat pemeriksaan visus dasar.
- h. Tunjuk huruf, angka atau simbol pada *Snellen chat* berurutan dari baris atas ke bawah.
- i. Pasangkan lensa coba positif dan negatif 0.5 D bergantian, semakin lama semakin tinggi. Minta penderita menyebutkan lensa mana yang memberikan bayangan yang lebih jelas. Penderita tidak harus menyebutkan semua huruf/angka pada *Snellen chart* terlebih dahulu, cukup jelas/tidak dahulu.
- j. Apabila penderita sudah menentukan lensa yang memberikan bayangan lebih jelas, mulailah dengan memberikan lensa dengan ukuran terkecil, dan kemudian minta penderita membaca kembali *Snellen chart*.
- k. Lensa coba diganti hingga penderita dapat membaca optotip maksimal. Pilih lensa konveks/positif terkuat atau lensa konkaf/negatif terlemah yang memberikan penglihatan terbaik.

2.3.7 Komplikasi miopia

Jika miopia tidak dikoreksi, tajam penglihatan akan menurun secara bermakna, bahkan ketika penderita tersebut dikoreksi secara penuh, sering terdapat penurunan tajam penglihatan koreksi. Hal ini dikarenakan perubahan-perubahan patologis pada segmen anterior maupun segmen posterior mata.^{15,18}

Peningkatan panjang aksial dari bola mata pada miopia derajat tinggi dapat menyebabkan stres mekanik pada retina, sehingga retina mengalami penipisan dan dapat menyebabkan atrofi retina di area-area tertentu yang pada oftalmoskop menunjukkan penampakan *lattice degeneration*. Apabila atrofi retina mengenai makula, penglihatan sentral dapat terganggu.²⁸

Ketika mata teregang, tampak retakan di lapisan antara retina dan koroid yang disebut *Bruch's membrane*. Retakan tersebut tampak seperti garis-garis halus dan disebut dengan *lacquer cracks*. *Lacquer cracks* merupakan tanda awal dari masalah-masalah serius yang dapat mempengaruhi penglihatan.²⁸

Selain itu, stres mekanik pada retina dapat mengakibatkan ketidakseimbangan faktor pro-angiogenik dan anti-angiogenik yaitu terdapat mekanisme *upregulation* dari faktor angiogenik sehingga terjadi neovaskularisasi.^{6,29}

Neovaskularisasi Koroid Miopia (NVKm) termasuk komplikasi miopia dan miopia patologis yang cukup sering terjadi dan dapat mengancam penglihatan. Sering kali disebut juga dengan *subretinal neovascularization*, *Fuchs' spot* atau *Forster Fuchs' spot*, dan *desciform degeneration*. Meskipun selama ini diketahui

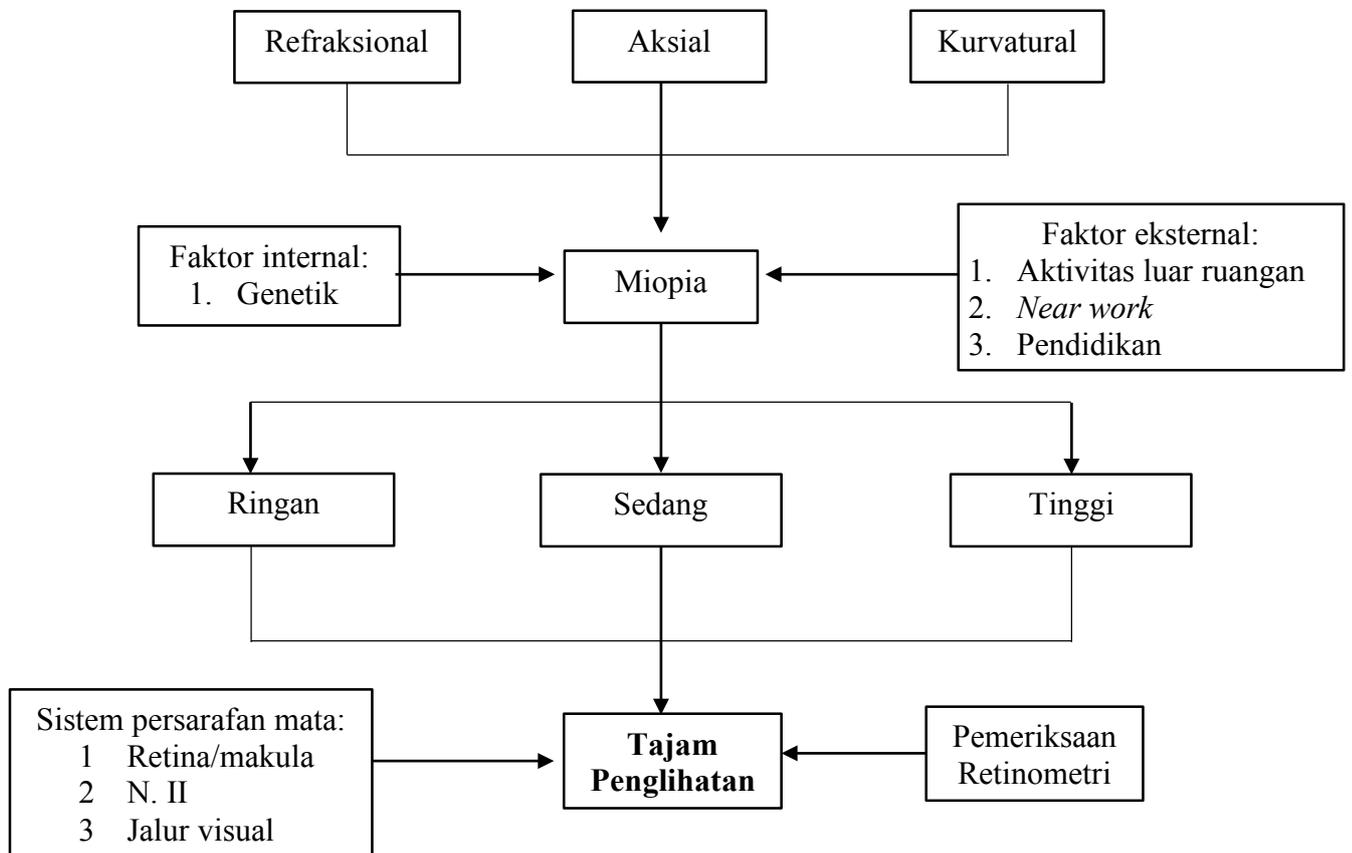
sebagai komplikasi dari miopia patologis, NVKm dapat ditemukan pada berbagai derajat miopia.³⁰

NVKm biasanya tampak seperti membran keabuan tipis dan kecil pada *slit-lamp biomicroscopy*. Pembuluh darah-pembuluh darah yang baru terbentuk tersebut memiliki dinding yang rapuh dan apabila ruptur, terjadi penimbunan cairan darah di bawah retina yang menyebabkan luka dan *vision loss*. Karena itu, gejala dari NVKm adalah penurunan tajam penglihatan, skotoma sentral, dan metamorfopsia.^{28,30}

Terjadinya neovaskularisasi pada koroid adalah salah satu karakteristik dari degenerasi makula miopik atau *myopic macular degeneration* bersamaan dengan *lacquer cracks* dan atrofi korioretina, di mana pada *myopic macular degeneration*, neovaskularisasi telah mencapai makula.²⁹

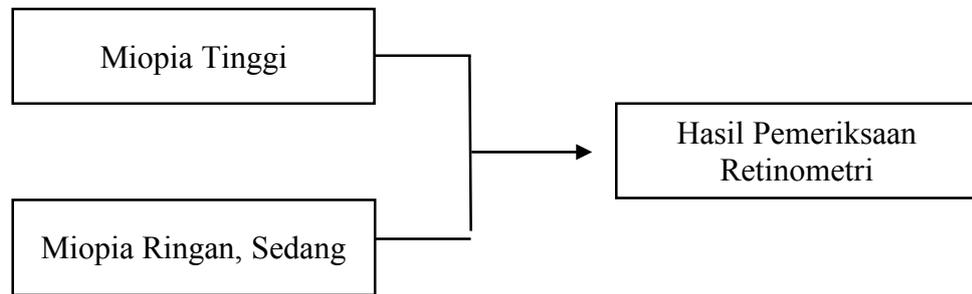
Myopic macular degeneration dapat mempengaruhi penglihatan sentral sehingga penderita biasanya memiliki kesulitan membaca dan melihat wajah. Penglihatan warna juga dapat terpengaruh.²⁸

2.4 Kerangka teori



Gambar 5. Kerangka Teori

2.5 Kerangka konsep



Gambar 6. Kerangka Konsep

2.6 Hipotesis

2.6.1 Hipotesis mayor

Terdapat perbedaan hasil pemeriksaan retinometri antara penderita miopia tinggi dan miopia derajat lainnya.

2.6.2 Hipotesis minor

- a) Potensi tajam penglihatan pada penderita miopia tinggi tidak dapat mencapai skala maksimal pada retinometer (0.80)
- b) Potensi tajam penglihatan pada penderita miopia derajat lainnya (ringan dan sedang) dapat mencapai skala maksimal pada retinometer (0.80)