



## **BAB 2**

# **TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Miopia

##### 2.1.1 Definisi Miopia

Miopia atau biasa disebut rabun jauh merupakan salah satu kelainan refraksi pada mata. Pada penderita miopia dapat melihat dengan jarak dekat namun tidak dapat melihat secara jelas dengan jarak jauh. Hal ini dikarenakan bayangan difokuskan di depan retina, ketika mata tidak dalam kondisi berakomodasi. Dijelaskan pada suatu kondisi refraktif dimana cahaya yang sejajar dari suatu objek yang masuk ke mata akan jatuh di depan retina (Flitcroft *et al.*, 2019). Secara anatomis pada penderita miopia, lensa mata akan terlalu cembung atau bola mata terlalu panjang, sehingga objek yang dekat akan tampak jelas karena bayangan jatuh tepat pada retina dan objek yang jauh tampak buram karena bayangan jatuh di depan retina. Akan tetapi dapat juga disebabkan karena adanya daya bias sistem lensa yang terlalu kuat (Hall, John E and Guyton, 1965).

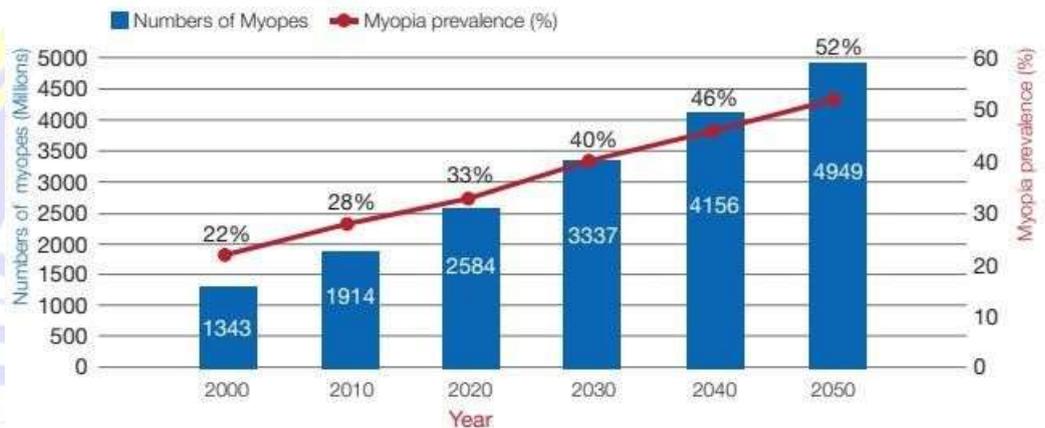
Semakin besar derajat miopia maka akan semakin besar risiko komplikasinya seperti degenerasi makula, katarak, glukoma dan ablasio retina. Risiko akan meningkat ketika gangguan refraksi lebih negatif dari -6,00 dioptri, suatu kondisi yang biasa disebut *high myopia* (Carr and Stell, 2017).

**Universitas Muhammadiyah Surabaya**



## 2.1.2 Epidemiologi

Sampai saat ini miopia masih menjadi kelainan refraksi dengan prevalensi yang cukup tinggi. Perkiraan jumlah orang secara global dengan miopia pada tahun 2020 diprediksi menjadi 2584 juta, dengan peningkatan lebih lanjut menjadi 3337 pada tahun 2030. Jumlah individu dengan miopia tinggi juga diprediksi meningkat secara substansial dari 399 juta pada tahun 2020 menjadi 516 juta pada tahun 2030 (Holden *et al.*, 2016).



Gambar 2. 1 Grafik Prevalensi Miopia

(Sumber: WHO, 2015)

Pengelompokan beberapa negara menurut 21 wilayah program WHO Global Burden of Disease yang bertujuan sebagai penentuan perbedaan regional dalam prevalensi miopia dan miopia tinggi di wilayah yang lebih kecil dari wilayah WHO administrasi dan politik besar. Penelitian tersebut mendapatkan hasil pada tahun 2050 prevalensi miopia akan jauh lebih tinggi di wilayah berpenghasilan tinggi seperti di Asia-Pasifik, Asia Timur, Asia Tenggara, Amerika Utara, Amerika Latin Selatan, seluruh Eropa, Afrika Utara, Timur Tengah, serta 30% Afrika akan sama

dengan yang ada pada Asia. Perkiraan kenaikan prevalensi miopia tinggi meningkat sebanyak 24% di seluruh wilayah Global Burden of Disease dan diberbagai negara dengan penghasilan tinggi di Asia-Pasifik (B. A. Holden *et al* 2015).

### 2.1.3 Etiologi

Menurut Ilyas (2015) miopia disebabkan karena terlalu kuat pembiasan sinar di dalam mata untuk panjangnya bola mata diakibatkan kornea terlalu cembung, lensa menjadi lebih cembung sehingga banyangan dibiaskan dengan kuat, bola mata terlalu panjang. Ada beberapa penelitian menjelaskan bahwa mekanisme perkembangan miopia akibat kelainan pada proses emetropisasi. Adapun dugaan lainnya bahwa kontraksi otot intraokular yang berlebihan menyebabkan akomodasi yang lebih kuat sehingga mempengaruhi emetropisasi (Basri, 2014). Namun sampai saat ini etiologi dari miopia belum diketahui secara pastinya dan masih menjadi kontroversi dikalangan para dokter mata (Ilyas and Yulianti, 2015).

### 2.1.4 Gejala

Penderita miopia sering mengeluhkan gejala seperti sakit kepala disertai juling atau celah kelopak sempit, penglihatan kabur saat melihat objek yang jauh namun menjadi jelas saat objek dekat. Pada pasien miopia memiliki *pugtum remotum* yang dekat sehingga mata akan selalu dalam atau berkedudukan konvergensi yang menimbulkan keluhan astenopia konvergensi. Jika kedudukan ini menetap maka mata akan terlihat juling ke dalam atau *esotropia*. Selain itu penderita miopia juga sering

menyempitkan matanya untuk mencegah *aberasi sferis* atau untuk mendapatkan efek *pinnhole* (lubang kecil) (Ilyas and Yulianti, 2015).

### 2.1.5 Faktor Risiko

Miopia memiliki beberapa faktor risiko baik secara internal maupun eksternal. Kemungkinan terbesar terjadinya miopia dipengaruhi beberapa faktor, seperti usia muda dengan rentang 8 sampai 15 tahun, memiliki keluarga dengan riwayat miopia, seseorang sedang mencapai pendidikan dan orang yang bekerja secara intensif dengan mata, seperti ahli mikroskop, maupun pengguna komputer (Muhiddin *et al.*, 2022). Dari kedua faktor risiko tersebut terlibat dalam perkembangan serta progresivitas dari miopia (Wulandari and Mahadini, 2019).

#### 2.1.5.1 Faktor Internal

##### a. Faktor Genetik

Menurunkan sifat miopia ke keturunannya dapat secara *autosomal dominan* maupun *autosomal resesif* (penyakit kelainan genetik turunan orang tua ke anaknya dan penyakit turunan orang tua akibat terinfeksi oleh anaknya) (Yeyen Ariaty, Henni Kumaladewi Hengky and Afrianty, 2019). Pada faktor genetik akan mempengaruhi panjang aksis bola mata. Hal ini karena cenderung mengikuti pola *dose dependent pattern*. Seorang anak dengan salah satu orang tuanya menderita miopia akan mengalami risiko dua kali lebih tinggi, sedangkan seorang anak dengan kedua orang tuanya menderita miopia maka risikonya lebih besar yaitu delapan kali lebih tinggi daripada anak dengan orang tuanya tidak menderita miopia (Wu *et al.*, 2016). Menurut penelitian sebelumnya,

prevalensi miopia pada seorang anak dengan kedua orang tua menderita miopia adalah 32,9% berkurang sampai 18,2% pada anak dengan salah satu orang tua yang menderita miopia dan kurang dari 6,3% pada anak dengan orang tua tanpa menderita miopia (Rizky *et al.*, 2014).

b. Faktor Usia

Kasus miopia pada anak usia muda akan memburuk dengan cepat ketika sudah beranjak dewasa. Anak-anak dengan usia muda meski mendapat perawatan, tidak akan menurunkan tingkat miopia yang dideritanya ketika sudah semakin dewasa (Muhit *et al.*, 2018; Holden *et al.*, 2016). Ketika refraksi miopia dengan minimal -1,25 dioptri di usia muda pada rentang usia 6 sampai 7 tahun akan menjadi faktor risiko terkuat untuk perkembangan miopia (Wu *et al.*, 2016). Selain itu pada usia muda akan terjadi peningkatan panjang aksial bola mata akibat penurunan kuantitas dan perubahan karakteristik anatomi jaringan kolagen sklera (Sofiani and Puspita Santik, 2016).

#### 2.1.5.2 Faktor Eksternal

a. Aktivitas Jarak Dekat

Menurut *American Optometric Association* (AOA), pada umumnya aktivitas jarak dekat yang dilakukan seseorang seperti membaca buku, bermain video *game* serta melakukan pekerjaan jarak dekat yang intens seperti pegawai yang di haruskan bekerja di depan layar komputer. Aktivitas dengan jarak pandang kurang dari 25-30 cm, dalam jangka waktu yang lama dikaitkan dengan tidak optimalnya daya akomodasi.

Kondisi ini akan menciptakan kondisi bayangan difokuskan di belakang retina, yang terbukti menyebabkan pemanjangan bola mata (Guo *et al.*, 2016). Melakukan aktivitas dengan jarak dekat membuat akomodasi tidak berhenti sehingga akan memaksa otot siliaris terus berkontraksi. Aktivitas jarak dekat dengan jarak pandang kurang dari 30 cm dapat meningkatkan risiko terkena miopia.

#### 1) Durasi Penggunaan

Saat menggunakan gawai maupun alat elektronik lainnya kita perlu memberi batasan waktu maksimum. Pembatasan maksimum ini bertujuan agar tidak terjadi peningkatan suhu pada bilik mata yang menyebabkan terjadinya produksi cairan intraokuler. Selain itu dapat juga menyebabkan otot siliaris berkontraksi sehingga bayangan objek akan jatuh di depan retina. Peningkatan asam laktat akan menjadi faktor dari adanya ketegangan pada otot siliaris sehingga terjadi kelelahan pada mata (Permana *et al.*, 2020). Dalam sehari durasi penggunaan dibatasi sekitar 1-2 jam, jika lebih dari 2 jam maka dapat meningkatkan 3 kali risiko penurunan visus. Dikatakan durasi tinggi jika durasi penggunaan dalam sehari lebih dari 10 jam, sedang jika dalam sehari antara 2-10 jam, dikatakan rendah jika dalam sehari kurang dari 2 jam penggunaannya (Susanti, 2021).

#### 2) Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya akan mempengaruhi jangkauan akomodasi. Intensitas cahaya yang kurang memadai dapat menimbulkan

kelelahan mata. Keadaan tersebut dikarenakan adanya kontraksi dari otot siliaris secara terus menerus untuk mendapatkan penglihatan yang baik. Jika intensitas cahaya kurang memadai, maka akan cenderung membuat seseorang mendekatkan objek ke mata agar mendapatkan penglihatan yang jelas. Penerangan yang cukup memadai dapat mencegah ketegangan mata. Penerangan dapat dikatakan baik saat membaca ataupun bermain gadget antara lain:

- a) Membaca dan bermain gadget dibawah lampu meja.
- b) Dua atau lebih lampu tabung atau LED di dalam ruangan.
- c) Membaca dan bermain gadget dengan cahaya alami saat siang hari di dekat pintu atau jendela terbuka.

Penerangan yang tidak termasuk dalam kriteria diatas, dapat diklasifikasikan dalam pencahayaan yang redup (Kshatri, Panda and Tripathy, 2016). Intensitas cahaya memiliki hubungan dengan pertumbuhan axial bola mata. Semakin redup intensitas cahaya yang didapatkan maka semakin besar potensi cepatnya pertumbuhan axial bola mata (Rosdiana Baharsa *et al*, 2021).

### 3) Posisi Tubuh

Tanpa disadari saat sedang membaca dan sudah merasa nyaman dengan posisinya, seseorang akan lalai terhadap posisi tubuhnya. Kelalaian yang sering di lakukan saat membaca yaitu posisi berbaring maupun tengkurap. Jika kelalaian ini terus

dibiarkan, maka akan berpotensi menimbulkan gangguan refraksi mata seperti miopia. Pada posisi-posisi tersebut secara tidak sadar jarak buku dengan mata akan menjadi terlalu dekat. Saat membaca akan ada proses neurofisiologis yang kompleks yang akan melibatkan akomodasi, konvergensi serta menjaga fiksasi dan mengatur gerakan saccadic mata dengan memvariasikan ketegangan enam otot ekstraokular. Selain itu tekanan antara kelopak dan mata juga dapat bervariasi saat membaca, dimana adanya perbedaan anatomi, perbedaan postur dan keselarasan mata. Dari faktor-faktor tersebut dapat berpengaruh pada peregangan sklera yang merupakan perubahan anatomi belakang pada perkembangan miopia (Pärssinen and Kauppinen, 2016). Posisi berbaring maupun tengkurap akan menyebabkan pemanjangan bola mata karena pengaruh dari kontraksi otot-otot ekstraokular. Hal tersebut diketahui bahwa arah tatapan yang berbeda akan menghasilkan ketegangan yang berbeda juga pada otot ekstraokular serta tekanan kelopak mata mempengaruhi bentuk kornea tetapi tergantung pada sudut pandangnya (Primadiani and Rahmi, 2017). Maka dari itu ketika membaca sebaiknya posisi tidur ataupun tengkurap dihindari.

b. Pendidikan

Pendidikan dapat juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap prevalensi miopia pada usia dewasa muda. Menurut beberapa penelitian menunjukkan bahwa usia dewasa muda yang memiliki tingkat pendidikan tinggi mengalami progresivitas miopia sekitar 86% dalam

masa pendidikan hukum. Dalam penelitian lain yang dilakukan di Fakultas Kedokteran Grant Norwegia, menunjukkan 78% mahasiswa kedokteran tahun pertama mengalami miopia, dan disebutkan juga bahwa pada mahasiswa fakultas kedokteran dua kali lebih tinggi dilingkungan yang sama (Primadiani and Rahmi, 2017). Pencapaian tingkat pendidikan pada seseorang sering dikaitkan dengan prevalensi miopia. Semakin lama waktu yang dihabiskan untuk menempuh pendidikan maka semakin besar risiko terkena miopia. Seseorang dengan tingkat pendidikan tinggi memiliki dampak lebih kuat terhadap meningkatnya prevalensi miopia, dengan miopia dua kali lebih umum dibandingkan dengan seseorang yang meninggalkan sekolah sebelum usia 16 tahun (Williams *et al.*, 2015). Hal ini karena jika seseorang memiliki tingkat pendidikan yang tinggi maka cenderung akan lebih banyak menghabiskan waktu dengan aktivitas jarak dekat seperti membaca. Selain itu semakin berkembangnya zaman, baik siswa maupun mahasiswa akan dituntut untuk mendapatkan pengetahuan bukan hanya dari buku saja melainkan dari internet juga. Dari sini lah seseorang akan lebih banyak menghabiskan waktu dengan aktivitas jarak dekat serta mata akan sering terpapar cahaya *gadget* (Fauziah *et al.*, 2014).

#### **2.1.6 Klasifikasi**

Menurut Ilyas (2015) miopia dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok:

- a) Pembagian miopia berdasarkan derajat beratnya yaitu:
  1. Miopia ringan : 1 - 3 dioptri

2. Miopia sedang : 3 - 6 dioptri
  3. Miopia berat atau tinggi : > 6 dioptri
- b) Berdasarkan perjalanan penyakitnya, dikenal beberapa bentuk seperti:
1. Miopia stasioner, merupakan miopia yang menetap setelah seseorang menjadi dewasa.
  2. Miopia progresif, merupakan miopia yang derajat keparahannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya usia dewasa akibat adanya penambahan panjangnya bola mata.
  3. Miopia maligna, merupakan miopia yang derajat keparahannya melebihi miopia progresif, dimana dapat menyebabkan ablasio retina dan kebutaan.
- c) Pembagian miopia berdasarkan penyebabnya yaitu:
1. Miopia refraktif : merupakan miopia akibat peningkatan indeks bias media visual seperti yang terjadi pada katarak intumesen dimana lensa akan menjadi lebih cembung kemudian menghasilkan pembiasan yang lebih kuat. Sama halnya dengan miopia bias ataupun miopia indeks, terjadinya miopia akibat pembiasan media penglihatan kornea dan lensa yang terlalu kuat.
  2. Miopia aksial : terjadi akibat adanya pemanjangan sumbu bola mata atau sumbu bola mata terlalu panjang dan disertai dengan kelengkungan kornea serta lensa yang normal.

## 2.2 Pemeriksaan Ketajaman Peglihatan

Pemeriksaan mata secara rutin sangat dianjurkan agar kelainan ketajaman mata dapat terdeteksi sejak dini. Pemeriksaan ini akan menilai visus yang pada umumnya menggunakan kartu Snellen. Namun beberapa kalangan medis sudah beralih menggunakan Auto Refrakto Keratometer (ARK). Pemeriksaan menggunakan ARK dikatakan dapat menghasilkan hasil yang lebih akurat (Irma *et al.*, 2021).

Auto Refrakto Keratometer (ARK) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk membantu mengetahui hasil status refraksi pada mata secara objektif. Pada ARK sendiri, hasil pemeriksaan digital yang didapatkan akan diolah menggunakan program yang berbasis komputer (Kemchoknatee *et al.*, 2023). Auto Refrakto Keratometer sudah digunakan di beberapa negara dengan pendapatan tinggi selama kurang lebih tiga dekade (Mukash, Kayembe and Mwanza, 2021).

Keunggulan penggunaan ARK telah banyak diakui di beberapa kalangan medis. Beberapa keunggulan dari ARK, yaitu: (Corina and Elfina, 2018).

1. Pemeriksaan menggunakan ARK dapat dilakukan tidak hanya oleh dokter saja, namun dapat juga dilakukan oleh teknisi ophthalmic.
2. Pasien akan lebih merasa nyaman saat prosedur sedang dilakukan.
3. Efisien dalam waktu pemeriksaannya dan mudah dalam pelaksanaannya.
4. Penggabungan pengukuran antara dioptr dengan kelengkungan kornea.
5. Teknik optik dengan pengukuran konsisten dan hasil gambar yang akurat.

Namun selain memiliki keunggulan tentu saja ada beberapa kelemahan pada auto refrakto keratometer. Pada penggunaannya membutuhkan biaya yang

cukup besar. Auto refrakto keratometer memerlukan perawatan yang baik seperti perlu diservis dan sesekali perlu dilakukan pemeriksaan silang dengan cara membandingkan nilai dari refraksi secara manual. Selain itu, perlu juga dilakukan penilaian terhadap pembiasan secara subjektif sebelum meresepkan, karena pada pemeriksaan auto refrakto keratometer memiliki hasil yang tinggi dari sebenarnya (Corina and Elfina, 2018).

### 2.2.1 Pemeriksaan *Visus* (Ketajaman Penglihatan)

Adapun beberapa prosedur pemeriksaan ketajaman penglihatan menggunakan Auto Refrakto Keratometer (ARK) :



Gambar 2. 2 Auto Refrakto Keratometer

- a) Sterilkan terlebih dahulu sandaran dahi dan dagu sebelum memulai prosedur pemeriksaan.
- b) Pemeriksian mulai menekan tombol power pada auto refrakto keratometer.
- c) Posisikan pasien duduk senyamannya.
- d) Tempelkan dahi dan dagu pasien di sandaran yang sudah tersedia.

- e) Minta pasien melihat kedepan dengan arah lurus ke objek yang ada di auto refrakto keratometer.
- f) Pemeriksaan dilakukan dengan cara bergantian secara *monokuler* atau satu mata, dimulai dari mata kanan kemudian bergantian dengan mata kiri.
- g) Jika sudah selesai maka hasil pemeriksaan akan muncul dilayar kemudian dapat dicetak.

#### 2.2.1.1 Penggolongan Visus Dalam Desimal

Tabel 2.1 Penggolongan visus dalam desimal

No	Snellen 6m	20 Kaki	Bentuk Desimal
1	6/6	20/20	1,0
2	5/6	20/25	0,8
3	6/9	20/30	0,7
4	5/9	15/25	0,6
5	6/12	20/40	0,5
6	5/12	20/50	0,4
7	6/18	20/70	0,3
8	6/60	20/200	0,1

Sumber: Ilyas, 2013

Penggolongan nilai visus dapat menentukan klasifikasi rentang ketajaman penglihatan. Menurut PDT rumah sakit Dr. Soetomo Surabaya derajat miopia dapat dikelompokkan berdasarkan besar kelainan klinisnya, yaitu:

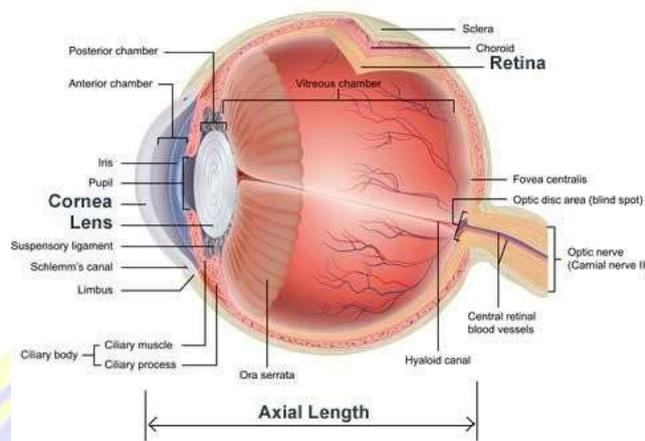
- a. Nilai visus  $\int$  - 0.25 sampai dengan  $\int$  - 3.00 didefinisikan sebagai miopia derajat ringan
- b. Nilai visus  $\int$  - 3.25 sampai dengan  $\int$  - 6.00 didefinisikan sebagai miopia derajat sedang.
- c. Nilai visus  $\int$  - 6.25 atau lebih didefinisikan sebagai miopia derajat berat.

### 2.2.2 Pengukuran Panjang Sumbu Aksial Bola Mata

Kelainan struktur anatomi paling umum pada miopia ialah adanya pemanjangan dari segmen posterior bola mata, sehingga menyebabkan kesalahan bias negatif (miopia) karena adanya ketidakseimbangan panjang aksial dengan kekuatan pembiasan media refraksi (Harper and Summers, 2015). Panjang aksial bola mata memiliki nilai normal berkisar 23-23,5 mm (Sen Srishty, 2024). Terjadinya kelainan struktur anatomi pada miopia tinggi menyebabkan adanya penurunan kualitas serta kuantitas dari serabut kolagen sklera, dimana sudut ikatan antara serabut kolagen sklera akan melebar sehingga membuat sklera merenggang dan menipis yang akhirnya menimbulkan pemanjangan sumbu aksial bola mata (Rios-Servin, 2007).

Pemeriksaan sumbu aksial bola mata adalah pemeriksaan yang diukur dari kornea sampai makula lutea di retina (Syuhada *et al.*, 2017). Pemeriksaan tersebut

#### Anatomy of the Eye



Gambar 2. 3 Anatomi Mata

dilakukan dengan alat biometri, dimana pengukuran meliputi kekuatan kornea, panjang aksial bola mata, kelengkungan kornea sentral dan kedalaman bilik mata depan. Adapun 2 jenis teknik pemeriksaan biometri yaitu biometri ultrasonografi (*A-scan*) dan biometri optikal (IOL master & lenser). Sedangkan untuk biometri ultrasonografi terdiri dari aplanasi serta imersi. Keakuratan pengukuran biometri sangatlah penting, karena kesalahan dalam pengukuran panjang aksial bola mata sebesar 1mm maka akan menghasilkan kelainan refraksi sebesar 2,35 D (Cantor, Rapuano and Cioffi, 2018).

#### 2.2.2.1 Biometri *A-scan*

Pada pemeriksaan ultrasonografi (*A-scan*) menggunakan gelombang suara yang diukur mulai dari apeks kornea sampai ke membran limitans interna retina. Suara yang dihantarkan akan lebih cepat saat melalui lensa kristalin dan kornea yaitu sekitar 1641 m/s dibandingkan dengan aquos humor dan vitreus 1531 m/s.

Prinsip yang digunakan ialah waktu yang diperlukan oleh gelombang suara saat dikeluarkan dari probe transmiter, berjalan menuju target dan kembali ke probe penerima lagi, yang kemudian keduanya disatukan pada probe *ultrasound* yang biasa disebut *transciever* (Jackson, 2008).

Rata-rata kecepatan velositas pada mata fakik untuk normalnya 1555 m/s. Namun berbeda untuk kecepatan suara dengan mata yang memiliki panjang aksial pendek ( 20mm ) ialah 1560 m/s serta pada mata dengan panjang aksial sekitar 30 mm yaitu 1550 m/s. Pada oftalmologi *A-scan* yang digunakan yaitu frekuensi 10 MHz. Kecepatan rambatan suara ditentukan pada setiap media yang dilalui. *A-scan* biometri akan melalui kornea, aquos humor, lensa, vitreus, retina, koroid, sklera serta jaringan orbita sehingga akan didapatkan kecepatan rambat suara yang berubah-ubah. (Faraaz Shahzad, 2021 ).

*A-scan* memiliki dua teknik utama yaitu: teknik applanasi dan teknik imersi.

#### A. Teknik Applanasi

Applanasi *A-scan* biometri akan dilakukan dengan cara meletakkan probing ultrasound langsung di permukaan kornea yang sebelumnya sudah ditetesi dengan anastesi topikal pada mata pasien. Pasien akan diminta dalam posisi duduk, kemudian *probe* dipegang dengan tangan lalu sentuhkan ujung probe pada kornea dengan posisi tegak. Setelah probe sudah kontak dengan kornea, pasien diminta untuk melihat ke pusat lampu transduser. Pada dasarnya akan ideal jika ditengah probe terdapat lampu yang menjadi titik fiksasi penglihatan pasien. Hal ini bertujuan untuk mensejajarkan dengan axis visual. Gelombang akan berjalan menuju target kemudian kembali pada

transduser sehingga akan dikonversi menjadi signal listrik yang tampak sebagai *spike* dilayar monitor (Aveonita, 2016).

## B. Teknik Imersi



Gambar 2. 4 Sclera Shell



Gambar 2. 5 Teknik Imersi

Teknik imersi ialah teknik yang tidak menyentuhkan *probe* secara langsung pada bola mata. Saat pemeriksaan akan menggunakan *prager sclera shell* sebagai penampung yang berisikan air agar menghindari sentuhan secara langsung pada *probe* ke kornea. Teknik imersi dikatakan memiliki hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan teknik applanasi karena tidak didapatkan adanya kompresi di kornea sehingga *axial lenght* akan lebih akurat. Hal ini dikarenakan adanya pengurangan penekanan di kornea sehingga memperkecil kesalahan dalam pengukuran panjang bola mata.

Hasil yang memiliki ketepatan pengukuran akan didapatkan pada pasien dengan posisi berbaring dan kedua mata melihat ke atas untuk ditetesi anastesi. *Sclera shell* di letakkan pada sekeliling limbus yang berpusat ke kornea dan tidak menekan kornea. Isi *Sclera shell* dengan

larutan gonioskopik (metylselulosa 1%) kemudia letakkan ujung probe dilarutan. Larutan harus dipastikan terhindar dari gelembung udara yang dapat menyebabkan variasi kecepatan suara. Tempatkan ujung probe 5mm sampai 10mm dari kornea. Pupil pasien dilebarkan sebelum pemeriksaan agar mempermudah saat tindakan (Aveonita, 2016).

#### 2.2.2.2 Biometri Optik

Selain dengan ultrasonografi, pemeriksaan biometri dapat dilakukan dengan optikal biometri. Teknik yang digunakan ialah dengan cahaya laser inframerah 780nm serta interferometri koherensi parsial. Biometri topikal bersifat non kontak sehingga tidak akan terdeteksi adanya artefak kornea karena kompresi. Saat dilakukan pemeriksaan dengan waktu yang singkat yaitu 1 menit, akan mengukur *axial length* sekaligus mengukur radius kurvatur pada kornea serta bilik mata depan yang kemudian akan diperoleh ukuran power IOL. Biometri optikal telah terbukti memiliki hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan ultrasonografi untuk mengukur panjang bola mata.

Prinsip yang digunakan pada pemeriksaan biometri optikal ialah memancarkan cahaya laser inframerah yang masuk ke mata sampai ke fovea dan lapisan pigmen epitel kemudian dipantulkan kembali ke instrumen. Saat tindakan pasien diminta memfiksasikan pandangan ke salah satu sumber cahaya agar kesejajaran antara axis dengan fovea terjamin. Adanya ketidaksesuaian dengan aksis visual menjadi faktor penyebab dari kurangnya ketepatan pengukuran (Aveonita, 2016).



Gambar 2. 6 IOL Master

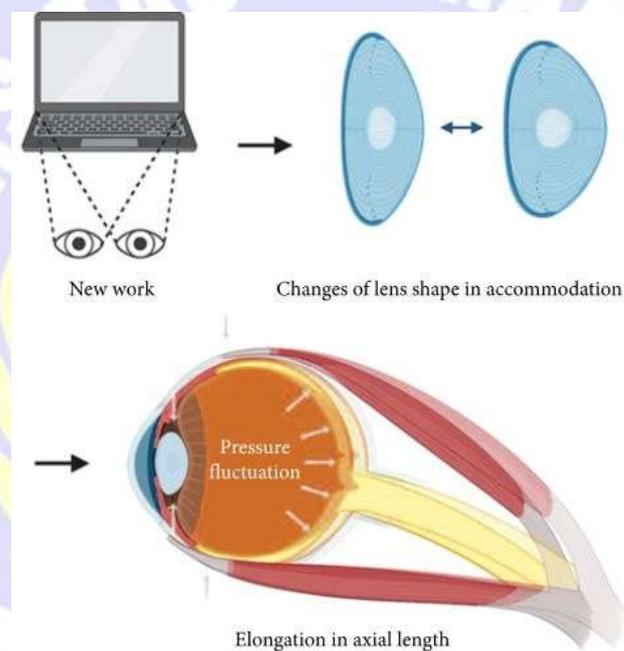
### 2.3 Tekanan Intraokuler

Tekanan intraokuler merupakan suatu ukuran tekanan hidrostatis di dalam bola mata yang nilainya ditentukan oleh kecepatan produksi cairan *aqueous humor* dan resistensi pengeluarannya dari mata. Sangat penting dalam menjaga keseimbangan tekanan intraokuler. Ketika terjadi ketidakseimbangan maka dapat mengakibatkan peningkatan tekanan intraokuler serta disfungsi pada mata (Osaiyuwu and Edokpa, 2018). Nilai rata-rata normal tekanan intraokuler berkisar 10 – 21 mmHg. Tingkat tekanan tersebut ditentukan oleh resistensi terhadap aliran *aqueous humor* dari kamera okuli anterior ke kanalis Schlemm (Hall, John E and Guyton, 1965). Pada tekanan intraokuler normal akan memberikan sinyal pertumbuhan serta mempertahankan integritas bola mata selama dalam perkembangan mata (Zhang *et al.*, 2022).

Terjadinya peningkatan tekanan intraokuler secara terus-menerus merupakan faktor risiko utama pada glukoma, yang biasa terjadi pada mata rabun. Menurut penelitian sebelumnya adapun risiko yang berkaitan dengan berbagai sub tipe pada glukoma di seluruh derajat miopia, baik pada miopia rendah maupun miopia tinggi. Hal ini dapat memberikan dasar sebagai evaluasi mekanisme umum yang memungkinkan mengendalikan glukoma dan miopia (Lee *et al.*, 2021). Dalam penelitian Osaiyuwu dan Edokpa (2018) menyatakan bahwa pada seseorang yang menderita miopia memiliki tekanan intraokuler lebih tinggi dari hasil skrining normal. Dibandingkan dengan kelainan refraksi lainnya, miopia memiliki tekanan intraokuler lebih tinggi dari rata-rata.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tekanan intraokuler seperti respirasi, varian sirkular, asupan cairan, pengobatan sistemik, pengobatan topikal,

gaya hidup (mengonsumsi rokok) serta olahraga (Straatsma, 2016). Setelah selesai olahraga selama 10 menit intensitas sedang, latihan dinamis dampak rendah, subjek mengalami perubahan di parameter okular, termasuk pada berkurangnya panjang aksial yang minimum tetapi signifikan, dan penurunan tekanan intraokuler beserta amplitudo denyut okuler (Zhang *et al.*, 2022). Selain itu, tekanan intraokuler dapat meningkat seiring bertambahnya usia dan dipengaruhi faktor genetik serta tekanan intraokuler akan lebih tinggi saat posisi tubuh berbaring daripada posisi duduk relaksasi atau tegak (Straatsma, 2014).



Gambar 2. 7 Perubahan lensa dan Pemanjangan aksial

Pada gambar diatas terlihat adanya perubahan bentuk lensa dan kelengkungan serta kontraksi otot siliaris yang disertai dengan kontraksi otot ekstraokular secara konvergen akibat adanya daya akomodasi okular saat melakukan pekerjaan jarak dekat. Pemanjangan aksial dan fluktuasi tekanan

intraokuler dipicu oleh akomodasi okular dan kontraksi otot intraokular serta otot ekstraokular pada pekerjaan jarak dekat. Adanya fluktuasi tekanan intraokuler yang dipicu daya akomodasi ditransfer dari cairan dalam rongga vitreous ke segala arah sehingga memungkinkan deformasi bola mata ke arah segital berdasarkan kerentanan remodeling matriks sklera pada miopia (Zhang *et al.*, 2022).

Kajian tentang hubungan antara tekanan intraokuler, peregangan fundus dan patologi rabun jauh menghasilkan beberapa bukti penurunan sintesis kolagen, perubahan serat kolagen, kehilangan jaringan, perubahan proteoglikan, peningkatan aktivitas matriks metaloproteinase, penurunan kekuatan sklera serta peningkatan potensi peregangan atau ekspansi sebagai respon terhadap peningkatan tekanan intraokuler. Saat tekanan intraokuler memberi ketegangan pada dinding sklera luar, kemungkinan pemanjangan mata terjadi pada miopia karena adanya remodeling matriks sklera, pengurangan kekakuan sklera serta penurunan resistensi terhadap tekanan (Mcmonnies, 2016).

#### **2.4 Pemeriksaan Tekanan Intraokuler**

Pengukuran tekanan intraokuler atau biasa disebut tonometri didapatkan dari tekanan hasil keseimbangan dinamis produksi *aqueous humor* dan drainase dari mata disebarkan secara merata kelapisan luar. Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan intraokuler adalah tonometer. Pengukuran tekanan bola mata sebaiknya dilakukan setiap diatas usia 20 tahun saat pemeriksaan fisik medik secara rutin maupun umum (Ilyas and Yulianti, 2015). Adapun beberapa hal yang dapat mempengaruhi pengukuran pada tekanan intraokuler seperti jenis tonometer yang digunakan, waktu deteksi, ketebalan kornea, astigmatisme kornea serta sifat biomekanik lainnya dari kornea (Del Buey *et al.*, 2014)

Menurut (Ilyas and Yulianti, 2015), ada beberapa jenis tonometer yang dapat digunakan seperti:

a) Tonometer Air-Puff



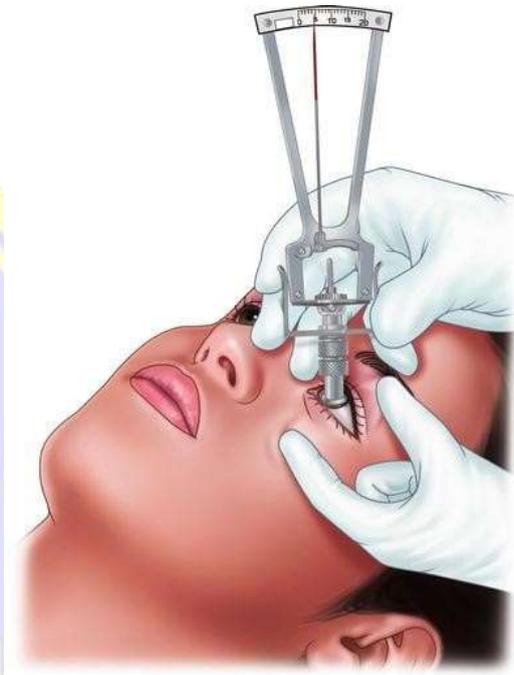
Gambar 2. 8 Tonometer Air-Puff

Tonometer ini merupakan non kontak dimana gaya applanating adalah udara yang disemburkan dengan intensitas meningkat bertahap sebagai pengganti prisma untuk meratakan kornea. Hal inilah yang membuat tonometer puff udara tidak berkontak langsung dengan mata. Pada titik pendataran kornea, kolom udara dimatikan lalu gaya dicatat dan diubah menjadi mmHg. Pada pembacaan minimal ada 3 kali pengulangan yang harus dirata-ratakan untuk memperkirakan tekanan intraokuler rata-rata karena tekanan intraokuler akan bervariasi selama siklus jantung (AAO, 2022).

## b) Tonometer Schiötz



Gambar 2. 9 Tonometer Schiötz



Gambar 2. 10 Pemeriksaan dengan Tonometer Schiötz

Tonometer schiötz merupakan instrumen yang relatif sederhana karena tidak memerlukan alat tambahan maupun listrik. Pada tonometer ini menggunakan prinsip indentasi atau penekanan, dimana gaya atau beban akan tenggelam ke mata lunak lebih jauh daripada ke mata keras. Tonometer schiötz memiliki struktur footplate melengkung yang ditempatkan pada kornea subjek terlentang. Maka dari itu pemeriksaan menggunakan tonometer schiötz hanya dapat dilakukan dengan cara pasien tidur terlentang dan memerlukan anestesi topikal pada mata. Skala dibagian atas pendorong akan bergerak dan memberikan hasil tergantung dengan seberapa banyak pendorong tenggelam ke kornea, kemudian akan dibaca menggunakan mmHg (AAO, 2022). Jika terdapat beban yang memberikan

kecekungan pada kornea, akan terlihat perubahan di skala schiotz. Semakin rendah tekanan pada bola mata maka semakin mudah bola mata ditekan yang kemudian didapatkan angka skala yang lebih besar.

Pada pemeriksaan tonometer schiotz terdapat kelemahan yaitu mengabaikan faktor kekakuan di sklera. Derajat kekakuan sklera dapat diketahui dengan cara sederhana menggunakan 2 macam beban yaitu 5,5 gram dan 10 gram. Jika didapatkan hasil dengan beban 10 gram selalu lebih tinggi dari pada dengan beban 5,5 gram maka dikatakan mengalami kekakuan di sklera lebih tinggi dari normal dibandingkan hasil bacaan pada saat tersebut. Namun sebaliknya jika hasil yang didapatkan dengan beban 10 gram selalu rendah maka mata memiliki kekakuan sklera lebih rendah dari normal dan tekanan pada bola mata yang sesungguhnya lebih tinggi dari hasil bacaan pada saat itu. Pemeriksaan tonometer schiotz harus dilakukan dengan hati-hati, karena dapat menimbulkan lecet di kornea yang mengakibatkan terjadinya keratitis serta erosi kornea (Ilyas and Yulianti, 2015).

## c) Tonometer Aplanasi Goldman



Gambar 2. 11 Tonometer Aplanasi Goldman



Gambar 2. 12 Pemeriksaan dengan Tonometer Aplanasi Goldman

Pengukuran tekanan intraokuler memiliki *gold standar* yaitu dengan tonometer aplanasi goldman (GAT). Hasil pengukuran didapatkan dari mengukur kekuatan yang diperlukan untuk mendatarkan area permukaan kornea dengan diameter 3,06 mm. Tonometer ini dipengaruhi dengan ketebalan kornea sentral. Pada penggunaan tonometer aplanasi goldman memerlukan slit lamp, pewarnaan *fluorescein* serta anastesi topikal di kornea (Beare, 2020). Pemeriksaan dengan aplanasi goldman dikatakan menjadi *gold standart*, karena hanya menimbulkan sangat minimum perubahan pada permukaan kornea. Dasar ilmu fisika pada alat ini ialah tekanan = daya/luas. (Ilyas and Yulianti, 2015).

d) Tonometer Mackay-Marg

Pada tonometer mackay-marg menggunakan penggabungan prinsip aplanasi dan indentasi. Prinsip kerja menggunakan transduser mengambang bebas untuk mendeteksi tekanan yang ditransmisikan. Tonometer ini tidak dipengaruhi ketebalan dan kelengkungan kornea. Oleh sebab itu, dapat digunakan pada anak-anak serta pasien yang tidak kooperatif. Selain itu, mudah dibawa dan digunakan pada kornea yang tidak teratur serta edema (Felicia Ferreri *et al*, 2014).

### **2.5 Hubungan antara derajat miopia dengan TIO**

Secara anatomis salah satu kondisi pada mata miopia yaitu pertambahan panjang sumbu aksial bola mata yang memiliki risiko terjadi peningkatan TIO. Bertambah panjangnya sumbu aksial bola mata dan rigiditas pada sklera, dikarenakan terjadi peregangan sklera dimana peregangan sklera dapat menurun seiring bertambahnya usia, sehingga dapat mempengaruhi status refraksi (Hayati *et al.*, 2015). Adapun dua teori menjelaskan bahwa miopia dapat menyebabkan peningkatan pada TIO ialah teori mekanik dan teori vaskular. Teori mekanik menjelaskan tentang peregangan sklera yang terjadi pada mata miopia menyebabkan peningkatan panjang aksial bola mata. Sedangkan teori vaskular menjelaskan tentang berkurangnya kemampuan retina akibat dari miopia, sehingga menyebabkan terjadinya penipisan epitel pigmen retina dan koroid kemudian akan terjadi peningkatan oksigen reaktif dan penurunan proteksi antioksidan yang menyebabkan terjadinya glukoma sudut terbuka (Han *et al.*, 2018). Sebagian besar penelitian berbasis populasi mengemukakan hasil, adanya hubungan yang

signifikan antara tekanan intraokular dan miopia. Hubungan ini lebih kuat pada penderita miopia dengan derajat sedang hingga tinggi ( $>-3,00$  dioptri) (Lee *et al.*, 2014). Salah satunya pada penelitian yang dilakukan oleh Joseph *et al* (2016) tentang hubungan antara miopia dan TIO melaporkan miopia derajat sedang dan derajat berat memiliki TIO yang lebih tinggi dibandingkan dengan miopia derajat ringan. Hasil penelitian Patel *et al* (2022) juga menunjukkan bahwa adanya hubungan yang signifikan antara TIO dengan miopia derajat tinggi. Hal tersebut dikarenakan adanya pemanjangan aksial sumbu bola mata pada mata miopia yang menyebabkan lemahnya dukungan jaringan ikat daerah lamina cribrosa kepala saraf optik. Penipisan sklera dapat meningkatkan kerentanan terhadap peningkatan TIO, menyebabkan pemanjangan aksial bola mata lebih lanjut dan cedera kepala saraf optik. Selain itu, mata miopia cenderung rentan terhadap deformasi lamina cribrosa karena peningkatan TIO yang kemudian menimbulkan kelainan pada bentuk lamina cribrosa (Gnanadurai *et al.*, 2019).

Dikatakan bahwa miopia mempunyai peningkatan TIO lebih tinggi dibandingkan dengan emetropic maupun hiperopia meski hal ini secara klinis tidak relevan (Duarsa, Berawi and Bustomi, 2018). Miopia derajat tinggi dapat meningkatkan risiko komplikasi mata berupa glaukoma, katarak imatur, degenerasi makula serta ablasio retina (Hayashi *et al.*, 2011). Pada mata miopia konsep yang berkaitan dengan peningkatan TIO ialah tentang adanya peningkatan stres dinding bola mata dan penurunan fleksibilitas dari okular (Das *et al.*, 2016). TIO sendiri relatif bervariasi, tergantung dengan derajat keparahan dari miopia tersebut (Duarsa, Berawi and Bustomi, 2018). Peningkatan TIO pada miopia sendiri sering dikaitkan dengan ketebalan kornea sentral dimana selama perkembangan miopia

terjadi pemanjangan aksial bola mata yang meningkat serta ketebalan kornea sentral menurun (Elviseyana Hani *et al.*, 2022). Hasil penelitian Wei, Fan *et al* mengatakan bahwa kornea sentral yang mengalami penebalan mengakibatkan terjadinya peningkatan TIO (Aliviana, 2020). Selain itu, peningkatan TIO pada mata dengan derajat miopia tinggi memungkinkan akan menyebabkan ketegangan mekanis pada kepala saraf optik dan lamina cribrosa, sehingga dapat menyebabkan kompresi sel ganglion retina yang diikuti dengan kerusakan aksonal (Jonas and Budde, 2015).

