

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Anatomi Mata**

Mata merupakan organ yang digunakan manusia untuk melihat serta memiliki struktur yang kompleks. Secara umum, mata mengumpulkan, memfokuskan, dan mengubah cahaya yang kemudian akan diteruskan melalui saraf optik sampai ke otak, kemampuan kita untuk melihat terbentuk (Khurana *et al.*, 2019). Terdapat pembagian mata secara umum, yaitu :

##### **1. Bagian luar mata**

Tidak hanya membantu proses penglihatan, tetapi juga melindungi bagian dalam mata. Kornea memainkan peran penting dalam memfokuskan cahaya yang masuk ke mata dan bagian iris berfungsi untuk mengatur cahaya masuk dengan mengubah pembesaran dan pengecilan pupil. Dengan cara ini, cahaya yang masuk dapat sampai ke mata secara optimal dan kemudian diteruskan ke lensa untuk mengatur kembali fokus pada objek (Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

Konjungtiva adalah selaput bening yang menutupi permukaan mata dan bagian dalam kelopak mata. Air mata terdiri dari tiga lapisan, dikenal sebagai lapisan film air mata dan konjungtiva membuat lapisan lendir. Kelenjar lakrimal di rongga mata di bawah tepi luar alis (jauh dari hidung) membuat minyak yang merupakan bagian lain dari lapisan air mata yang encer. Air mata mengalir melalui saluran air mata dari mata. Lapisan paling luar yang dikenal sebagai kornea terdiri dari lapisan jernih berbentuk cembung (Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

Cahaya difokuskan ke bagian depan mata yang berbentuk kubah transparan yang disebut kornea. Bilik mata depan terletak

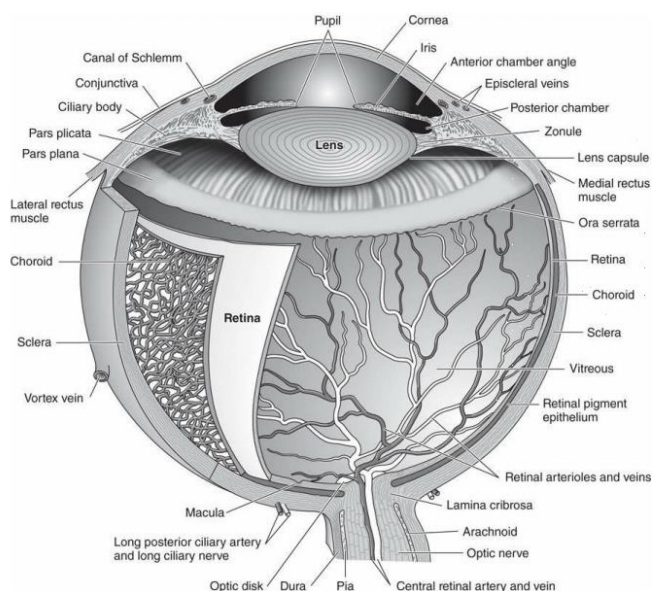
di belakang kornea dan berisi cairan. Aqueous humor secara konsisten diproduksi oleh mata untuk menjaga tekanan intraokular agar tetap stabil. Aqueous humor mengalir keluar dari mata melalui area yang disebut sudut drainase. Di belakang bilik mata depan terdapat pupil, lubang tengah yang gelap, dan iris, bagian mata yang berwarna. Dengan melebarkan (memperluas) atau menyempitkan pupil, otot iris mengontrol jumlah cahaya yang mencapai bagian belakang mata (Lam *et al.*, 2024, chap.1).

Lensa terletak tepat di belakang pupil dan memfokuskan cahaya ke bagian belakang mata. Bentuknya yang berubah memudahkan orang untuk memfokuskan pada objek di sekitarnya. Dengan memfokuskan cahaya yang masuk ke mata, lensa dan kornea sangat penting untuk memungkinkan kita melihat dengan jelas. Faktanya, tiga puluh persen daya fokus mata berasal dari lensa, sedangkan tujuh puluh persen berasal dari kornea (Lam *et al.*, 2024, chap.1).

## 2. Bagian dalam mata

Di antara bagian belakang mata dan lensa terdapat lubang vitreous. Cahaya masuk ke mata melalui kornea dan lensa dan kemudian masuk ke retina, jaringan peka cahaya di bagian belakang mata. Makula adalah bagian kecil namun sangat terspesialisasi dari retina yang bertanggung jawab atas penglihatan detail sentral. Retina perifer adalah bagian lain dari retina yang bertanggung jawab atas penglihatan tepi atau samping. Fotoreseptor di retina mengubah cahaya menjadi energi yang dikirim ke otak. Dua jenis fotoreseptor adalah sel batang dan sel kerucut. Sel batang dapat melihat warna hitam putih dan memungkinkan penglihatan pada malam hari. Sel kerucut melihat warna dan memungkinkan penglihatan terpusat. Impuls listrik dikirimkan oleh retina ke otak melalui jutaan serabut saraf yang

terdiri dari saraf optik. Saraf optik menuju korteks visual, area otak yang bertanggung jawab atas penglihatan (Lam *et al.*, 2024, chap.2).



**Gambar 2.1 Anatomi Mata**

Sumber : Vaughan and Asbury's General Ophthalmology (2021)

### 2.1.2 Konjungtiva

Konjungtiva adalah jaringan bening yang menutupi bagian dalam kelopak mata dan bagian putih mata. Konjungtiva berfungsi sebagai pelapis bagian depan bola mata (sklera) yang memiliki peran penting dalam melindungi dan menjaga kesehatan mata. Selain itu, konjungtiva membantu memproduksi air mata untuk melumasi mata dan membantu gerakan kelopak mata. Selain itu, konjungtiva melindungi bagian mata dari infeksi, virus, dan benda asing lainnya. Lapisan epitel, yang paling luar, terdiri dari sel-sel epitel yang berfungsi untuk melindungi mata dari infeksi dan zat asing. Lapisan stroma, yang lebih dalam, terdiri dari jaringan ikat,

memberikan nutrisi dan dukungan pada lapisan epitel (Greferath *et al.*, 2024).

### 2.1.3 Kornea

Lapisan paling depan bola mata, kornea, memiliki struktur yang jernih dan transparan, serta memiliki bentuk cembung seperti lensa yang berfungsi untuk membiaskan cahaya yang kemudian akan difokuskan ke mata. Fungsi utama dari lapisan jernih dan transparan ini adalah untuk menerima cahaya yang masuk ke mata dan membiarkan cahaya itu sampai ke lensa dan kemudian ke retina (Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

Epitel, lapisan bowman, stroma, membran descemet, dan endotelium adalah lima lapisan yang terdiri dari kornea. Kornea dilindungi dari benda asing dan infeksi oleh lapisan epitel, yang terdiri dari sel-sel epitel. Lapisan terluas dari kornea, yang terdiri dari jaringan ikat yang transparan, dilapisi oleh stroma, yang terdiri dari lapisan tipis yang disebut lapisan bowman, yang berfungsi untuk mendukung lapisan epitel (Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

### 2.1.4 Iris

Iris adalah membran sirkular dengan pupil di tengahnya. Dalam posisinya, iris berada di antara kornea dan lensa serta berfungsi untuk mengontrol jumlah cahaya yang masuk ke mata dengan mengubah ukuran pupil. Ketika cahaya terang terfokus ke mata, pupil mengecil, dan ketika cahaya gelap terfokus ke mata, pupil membesar, yang membantu memfokuskan cahaya masuk ke mata. Iris membantu pengecilan dan pembesaran pupil (Zhang *et al.*, 2022).

Warna mata yang berbeda, seperti hitam, coklat, biru, dan hijau, disebabkan oleh jumlah melanin yang terkandung pada iris.

Variasi dalam jumlah melanin pada setiap individu akan menyebabkan warna mata mereka berbeda (Greferath *et al.*, 2024).

Iris terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan stroma dan lapisan otot. Lapisan stroma adalah lapisan yang lebih dalam dan terdiri dari jaringan ikat, yang mengandung pigmen yang memberikan warna pada mata. Lapisan otot adalah lapisan yang lebih luar dan terdiri dari otot-otot polos. Otot-otot ini mengontrol ukuran pupil (Greferath *et al.*, 2024).

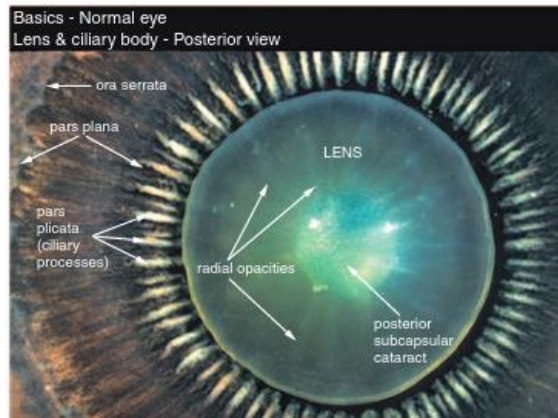
### **2.1.5 Lensa**

Salah satu fungsi utama lensa adalah untuk mengubah fokus dan bentuk cahaya yang masuk ke retina melalui akomodasi. Ketika objek yang dilihat berada di jarak jauh, lensa akan berubah bentuk menjadi lebih datar dan tipis. Ketika objek berada di jarak dekat, lensa akan berubah bentuk menjadi lebih tebal, proses ini dibantu oleh otot zonula siliaris. Selama proses ini, cahaya yang masuk ke retina akan menjadi lebih tebal (Wang *et al.*, 2022).

Lensa mata dapat membuat bayangan tajam pada retina, yang penting untuk penglihatan yang jelas. Selain itu, lensa mata berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata. Pada saat cahaya terang, lensa mata akan menjadi lebih pipih untuk mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke mata, sementara pada saat cahaya redup, lensa mata akan menjadi lebih cembung untuk memungkinkan lebih banyak cahaya masuk ke mata (Wang *et al.*, 2022).

Meskipun demikian, seiring berjalannya waktu, lensa manusia dapat mengalami perubahan yang menyebabkan penglihatan kabur. Hal ini disebabkan oleh proses penuaan yang terjadi pada manusia, yang menyebabkan lensa menjadi kekeruhan, yang menyebabkan seseorang tidak dapat melihat dengan jelas jika tidak mendapatkan

pengobatan. Fenomena ini dikenal sebagai katarak (Wang *et al.*, 2022).



**Gambar 2.2 Lensa Mata**

Sumber : American Academy of Ophtamology

### 2.1.6 Retina

Sekitar 120 juta sel fotoreseptor terdapat di retina, yang merupakan alat penglihatan di bagian belakang mata dan terdiri dari jaringan saraf yang kompleks yang terdiri dari sel fotoreseptor. Sel fotoreseptor ini terdiri dari dua sel, sel batang yang beroperasi dalam kondisi gelap dan sel kerucut yang beroperasi dalam kondisi terang. Cahaya yang ditangkap oleh sel fotoreseptor kemudian diubah menjadi impuls listrik yang dikirim ke otak melalui saraf optikus. Pembuluh darah tidak ada di retina. Retina mendapatkan nutrisi dan oksigen dari saraf optik dan cairan mata, juga dikenal sebagai air mata (Elam *et al.*, 2022).

### 2.1.7 Fisiologi Penglihatan

Penglihatan dimulai ketika cahaya masuk ke dalam mata dan difokuskan pada retina. Bayangan yang sangat kecil terbentuk ketika cahaya dari sumber titik jauh difokuskan pada retina. Emetropia yang juga dikenal sebagai mata normal adalah ketika sinar sejajar atau

jauh difokuskan oleh sistem optik tepat pada area makula lutea tanpa mengakomodasi (Hall & Guyton, 2020).

Cahaya masuk ke mata dan direfraksikan atau dibelokkan melalui kornea dan humor aquous, lensa, dan vitreous. Dikarenakan bagian-bagian tersebut memiliki kepadatan yang berbeda-beda, cahaya yang masuk dapat difokuskan pada retina. Cahaya yang masuk kemudian diteruskan ke pupil melalui kornea. Lubang bundar anterior di tengah iris yang disebut pupil, mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata. Di tempat gelap, pupil membesar ketika intensitas cahaya rendah, dan ketika intensitas cahaya tinggi, pupil mengecil. Iris, cincin otot yang berpigmen yang terlihat di dalam humor air, mengatur perubahan pupil. Iris juga berfungsi untuk menentukan warna mata. Cahaya sampai ke lensa setelah melalui pupil dan iris. Ini berada di antara humor aquos dan humor vitreous, dan melalui ligamentum suspensorium, lensa melekat pada otot-otot siliaris. Selain menghasilkan kemampuan refraktif yang berbeda selama berakomodasi, lensa juga bertanggung jawab untuk memfokuskan cahaya ke retina (Hall & Guyton, 2020).

Akomodasi berarti lensa mata menjadi lebih cembung. Fokus mata pada objek yang dekat menggerakkan otot-otot siliaris, yang membuat lensa menjadi lebih tebal dan lebih kuat. Sebaliknya, ketika mata memfokuskan pada objek yang jauh, otot-otot siliaris mengendur yang membuat lensa menjadi lebih tipis dan lebih lemah. Sel-sel batang dan kerucut bersifat sensitif terhadap cahaya, mengirimkan sinyal cahaya ke otak melalui saraf optik ketika cahaya sampai ke retina. Bayangan atau cahaya yang tertangkap oleh retina adalah terbalik, nyata, dan lebih kecil, tetapi persepsi otak terhadap objek tetap konsisten karena otak sudah terbiasa menerima bayangan terbalik (Hall & Guyton, 2020).

### **2.1.8 Tajam Penglihatan**

Tajam penglihatan adalah ketika mata dapat melihat objek dengan jelas tanpa gangguan dengan berbagai jarak. Beberapa faktor mempengaruhi tajam penglihatan, seperti cahaya yang difokuskan oleh kornea, iris, dan lensa yang sampai ke retina dan kemudian diteruskan ke otak. Informasi visual yang dilihat kemudian akan diproses oleh otak (Wang *et al.*, 2022).

Jika seseorang dapat melihat dengan jelas pada jarak enam meter, mereka dianggap memiliki tajam penglihatan yang normal. Namun, jika seseorang tidak dapat melihat dengan jelas pada jarak kurang dari enam meter, mereka dianggap mengalami penurunan ketajaman penglihatan karena berbagai masalah, seperti rabun jauh, rabun dekat, atau katarak. Kondisi ini merupakan penyebab yang dapat mengubah tajam penglihatan seseorang (Patadungan *et al.*, 2021, chap.1).

Dokter mata melakukan pemeriksaan tajam penglihatan dengan menggunakan papan LogMAR, yang terdiri dari huruf-huruf yang disusun dalam berbagai ukuran. Pasien akan diminta untuk melihat huruf pada grafik LogMAR dari jarak tertentu. Jika pasien hanya dapat membaca huruf-huruf pada baris terbawah maka penglihatannya tajam normal. Namun, jika pasien hanya dapat membaca huruf-huruf pada baris teratas maka dia mengalami kelainan refraksi seperti rabun jauh atau rabun dekat (Patadungan *et al.*, 2021, chap.1).

### **2.1.9 Kelainan Refraksi**

#### **2.1.9.1 Definisi**

Kelainan refraksi adalah kondisi di mana cahaya tidak difokuskan dengan benar pada retina yang kemudian akan menyebabkan penglihatan menjadi kabur atau tidak jelas (Flitcroft *et al.*, 2019). Beberapa jenis kelainan refraksi yang paling umum

meliputi miopia (rabun jauh), hipermetropia (rabun dekat), astigmatisme, dan presbiopia (Schneider *et al.*, 2020).

a. Miopia

Miopia adalah kelainan refraksi mata dalam kondisi cahaya yang masuk difokuskan di depan retina, bukan tepat di retina, menyebabkan objek yang jauh tampak kabur (Holden *et al.*, 2020). Kondisi ini terjadi karena bola mata terlalu panjang atau kornea memiliki kelengkungan yang berlebihan sehingga cahaya yang masuk tidak dapat difokuskan dengan benar pada retina (Jones *et al.*, 2021).

b. Hipermetropia

Hipermetropia atau rabun dekat adalah kondisi di mana cahaya yang masuk difokuskan di belakang retina, bukan tepat di retina sehingga menyebabkan objek yang dekat tampak kabur (Flitcroft *et al.*, 2020). Kondisi ini terjadi karena bola mata terlalu pendek atau kornea memiliki kelengkungan yang tidak mencukupi (Jiang *et al.*, 2021).

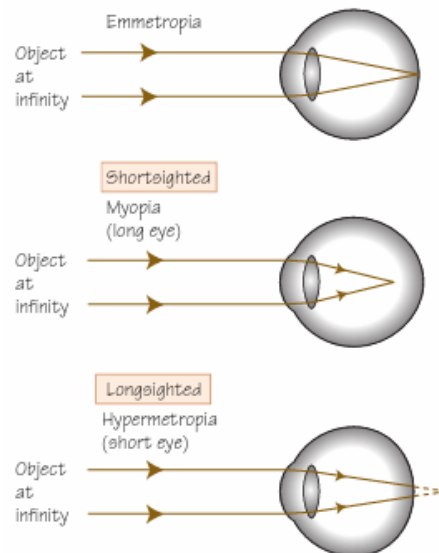
c. Astigmatisme

Astigmatisme adalah kelainan refraksi yang terjadi ketika kornea atau lensa mata memiliki kelengkungan yang tidak merata sehingga cahaya yang masuk difokuskan pada lebih dari satu titik di retina sehingga menyebabkan penglihatan menjadi kabur pada semua jarak (Rosenfield *et al.*, 2020).

d. Presbiopia

Presbiopia adalah kondisi mata yang berhubungan dengan usia dalam kondisi lensa mata kehilangan elastisitasnya sehingga menjadi sulit untuk melihat objek dekat dengan jelas (Schachar, 2019). Kondisi ini biasanya mulai terjadi pada usia

sekitar 40 tahun dan terus memburuk seiring bertambahnya usia (Berntsen *et al.*, 2020).



**Gambar 2.3 Emmetropia, myopia, and hypermetropia**

Sumber : American Academy of Ophtamology

## 2.1.10 Miopia

### 2.1.10.1 Definisi Miopia

Miopia terjadi ketika bola mata terlalu panjang atau kornea memiliki kelengkungan yang terlalu besar sehingga cahaya yang masuk tidak dapat difokuskan dengan benar pada retina (Holden *et al.*, 2020).

### 2.1.10.2 Klasifikasi Miopia

Berdasarkan penyebabnya, miopia dibedakan menjadi dua jenis, menurut Holden *et al.* (2020) :

- 1) Miopia sumbu atau miopia aksial, yang terjadi ketika sumbu mata (jarak antara kornea dan retina) terlalu panjang ketika kornea dan lensa dalam kondisi normal; dan

- 2) Miopia pembiasan atau miopia refraktif, yang terjadi ketika daya bias kornea, lensa atau humor aquos terlalu kuat.

Menurut derajat miopia dapat dibedakan menjadi tiga jenis, menurut Holden *et al.* (2020) :

- 1) Miopia ringan, yang menunjukkan miopia antara 0 dan -3 dioptri.
- 2) Miopia sedang, yang menunjukkan miopia antara -3 dan -6 dioptri.
- 3) Miopia berat didefinisikan sebagai miopia yang lebih besar dari -6 dioptri.

Menurut perjalanan penyakitnya dibedakan menjadi tiga jenis, menurut Holden *et al.* (2020) :

- 1) Miopia stasioner, yang berarti bahwa miopia tetap ada setelah dewasa.
- 2) Miopia progresif, yang berarti bahwa miopia terus meningkat sebagai akibat dari bertambahnya panjang bola mata saat dewasa.
- 3) Miopia maligna, yaitu miopia yang berkembang secara bertahap sehingga mengakibatkan ablasi retina dan kebutaan, atau sama dengan miopia pernisiosa atau miopia degeneratif. Dalam kasus ini, derajat miopia lebih dari 6 dioptri disertai dengan perubahan pada fundus okuli dan panjang bola mata sehingga terbentuk stafiloma postikum pada bagian temporal papil bersama dengan atrofi karioretina.

### **2.1.10.3 Patofisiologi Miopia**

Saat otot siliaris sepenuhnya relaksasi, cahaya dari objek yang jauh difokuskan di depan retina yang kemudian dikenal sebagai miopia atau "penglihatan dekat". Keadaan seperti ini biasanya disebabkan oleh bola mata yang terlalu panjang atau karena daya

bias sistem lensa yang terlalu kuat. Dikarenakan otot siliaris dalam keadaan relaksasi sempurna, tidak ada mekanisme miopia yang memungkinkan lensa untuk menjadi lebih kuat. Dengan miopia, pasien tidak memiliki mekanisme untuk memfokuskan bayangan dari objek jauh dengan tegas di retina mereka. Namun, jika objek didekatkan ke mata, bayangan akan menjadi cukup dekat untuk difokuskan di retina dan mata akan menggunakan mekanisme akomodasi untuk memastikan bayangan yang terbentuk tetap terfokus dengan jelas. Pasien yang mengalami miopia memiliki titik jauh yang terbatas yang dapat mereka lihat dengan jelas (Hall & Guyton, 2020).

#### **2.1.10.4 Gejala Miopia**

Menurut Sanchez *et al.* (2021), penderita miopia dapat mengalami beberapa gejala, termasuk:

- 1) Pusing.
- 2) Mata sering lelah.
- 3) Sering memicingkan mata ketika melihat benda yang jauh.
- 4) Jika melihat benda yang jauh, penglihatan menjadi kabur.

#### **2.1.10.5 Penatalaksanaan Miopia**

Permukaan refraksi mata terlalu bias untuk miopia. Dengan meletakkan lensa sferis konkaf (cekung/negatif) di depan mata yang menyebarkan berkas cahaya, kelebihan daya bias ini dapat dikoreksi atau dinetralkan. Kekuatan lensa konkaf diukur dengan metode *trial and error*, di mana sebuah lensa yang kuat diletakkan dan kemudian diganti dengan lensa yang lebih kuat atau lebih lemah sampai diperoleh lensa yang memberikan penglihatan yang paling tajam (Sanchez *et al.*, 2021).

Selain menggunakan lensa konkaf, koreksi miopia juga dapat dilakukan dengan menggunakan lensa kontak. Lensa kontak

diletakkan di permukaan depan kornea dan dipertahankan di tempatnya oleh lapisan tipis air mata yang mengisi ruang antara lensa kontak dan permukaan depan kornea. Dikarenakan indeks bias air mata, lensa kontak dapat menghilangkan hampir semua pembiasan di permukaan anterior kornea (Sanchez *et al.*, 2021).

Bedah refraktif juga merupakan pengobatan untuk miopia. Tujuan bedah refraktif adalah untuk mengubah bentuk kelengkungan permukaan anterior kornea secara permanen sehingga dapat memperbaiki penglihatan. Pembedahan ini dapat membantu mengurangi atau bahkan menghilangkan ketergantungan pada lensa kontak dan kaca mata (Sanchez *et al.*, 2021).

#### **2.1.10.6 Pencegahan Miopia**

Menurut Sanchez *et al.* (2021), untuk mencegah miopia, sejauh ini telah dilakukan beberapa hal, seperti penggunaan lensa kontak, pengobatan laser, dan penggunaan kacamata. Perawatan visual lainnya termasuk mencegah kebiasaan buruk, seperti :

- a) mengajarkan anak untuk duduk tegak,
- b) memegang alat tulis dengan benar,
- c) mengambil istirahat setiap tiga puluh menit setelah kegiatan jarak dekat,
- d) membatasi jumlah jam yang dihabiskan untuk membaca, dan
- e) memastikan jarak baca yang tepat, yaitu tiga puluh sentimeter, dan menggunakan cahaya yang cukup.
- f) membaca saat tengkurap atau tidur bukanlah kebiasaan yang baik.

#### **2.1.11 Operasi LASIK**

##### **2.1.11.1 Pendahuluan**

*Laser-Assisted In-Situ Keratomileusis* (LASIK) adalah prosedur bedah refraktif yang bertujuan untuk memperbaiki kelainan

refraksi dengan mengubah kurvatura kornea. LASIK dapat digunakan untuk mengatasi berbagai kelainan refraksi seperti miopia, hipermetropia, astigmatisme, dan presbiopia. Prosedur LASIK biasanya memiliki batas usia minimal untuk memastikan stabilitas kondisi mata pasien. Sebagian besar klinik dan dokter spesialis mata menetapkan usia minimal 18 tahun karena pada usia ini, pertumbuhan mata umumnya telah berhenti, dan refraksi mata lebih stabil dibandingkan usia yang lebih muda (Smith *et al.*, 2020). Selain itu, stabilitas refraksi biasanya disyaratkan selama setidaknya satu tahun sebelum prosedur dilakukan untuk mengurangi risiko perubahan penglihatan pascaoperasi (Brown & Johnson, 2019). Faktor usia ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa pasien cukup dewasa secara emosional untuk memahami risiko dan manfaat LASIK (Miller *et al.*, 2021). Teknik refraktif keratoplasti pertama kali diperkenalkan oleh José Barraquer pada tahun 1949 dengan memisahkan lamella kornea. Dia kemudian mengembangkan teori *Thickness Law* yang bertujuan untuk mendatarkan kurvatura kornea. Pada tahun 1964, Barraquer mempublikasikan metode yang menggunakan mikrokeratom untuk membentuk lentikula sehingga kurvatura kornea sentral dapat diratakan, mengurangi kekuatan refraktif kornea. Eksperimen ini dinamakan *cryolathe keratomileusis* karena melibatkan pembekuan dan pembentukan lentikula dengan *cryolathe* (Smith *et al.*, 2019).

Saat ini, sekitar 3000 spesialis mata telah dilatih untuk melakukan prosedur bedah refraktif dengan peningkatan jumlah dokter sebesar 500 hingga 1000 per tahun. Pada tahun 1988, sekitar 400.000 penduduk Amerika Serikat menjalani operasi bedah refraktif dan jumlah ini meningkat dua kali lipat pada tahun 1997. Meskipun prosedur ini semakin populer, target populasi yang mendapatkan prosedur bedah refraktif diperkirakan masih sekitar 44 juta orang.

Pemahaman yang mendalam tentang prosedur dan teknik LASIK sangat penting untuk praktik klinis yang efektif (Smith et al., 2019).

### 2.1.11.2 Metode LASIK

#### 1. PRK (Photorefractive Keratectomy)

PRK adalah metode LASIK tertua yang pertama kali diperkenalkan untuk mengoreksi gangguan refraksi, seperti miopia, hiperopia, dan astigmatisme. Prosedur ini melibatkan pengangkatan lapisan epitel kornea untuk mengekspos permukaan kornea yang mendasarinya, diikuti oleh penggunaan *laser excimer* untuk meremodel kornea agar cahaya dapat difokuskan lebih baik di retina. Meskipun PRK tidak memerlukan pembuatan *flap*, seperti pada metode FemtoLASIK, masa pemulihan pada PRK cenderung lebih lama karena epitel perlu waktu untuk tumbuh kembali. Pasien sering mengalami ketidaknyamanan pascaoperasi selama beberapa hari pertama. PRK sangat cocok untuk individu dengan kornea tipis atau bagi mereka yang tidak memenuhi syarat untuk metode LASIK lainnya (Alió et al., 2019).

#### 2. FemtoLASIK

FemtoLASIK adalah pengembangan metode LASIK tradisional yang menggunakan *laser femtosecond* untuk membuat *flap* kornea dengan presisi tinggi. Setelah *flap* diangkat, *laser excimer* digunakan untuk membentuk ulang kornea sesuai dengan kebutuhan refraktif pasien. Penggunaan *laser femtosecond* memberikan hasil yang lebih akurat dan mengurangi risiko komplikasi yang terkait dengan metode flap manual menggunakan mikrokeratom. FemtoLASIK menawarkan waktu pemulihan yang lebih cepat dan ketidaknyamanan yang minimal bagi pasien. Teknik ini cocok untuk sebagian besar pasien dengan

gangguan refraksi sedang hingga tinggi, namun tidak dianjurkan bagi individu dengan kondisi mata tertentu, seperti keratokonus (Reinstein *et al.*, 2020).

### **3. ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction)**

ReLEx SMILE adalah inovasi terbaru dalam bidang bedah refraktif. Metode ini tidak memerlukan pembuatan *flap*, melainkan hanya membutuhkan sayatan kecil di kornea untuk mengangkat lentikula, yaitu sepotong jaringan kecil yang telah dibentuk oleh *laser femtosecond*. Teknik ini lebih minim invasif dibandingkan metode LASIK lainnya dan mengurangi risiko komplikasi seperti *dry eye syndrome*. ReLEx SMILE juga menawarkan stabilitas biomekanik kornea yang lebih baik karena struktur kornea tetap lebih utuh. Proses pemulihan biasanya cepat dengan rasa tidak nyaman yang lebih sedikit dibandingkan PRK atau FemtoLASIK. Metode ini ideal untuk pasien dengan miopia dan astigmatisme ringan hingga sedang (Sekundo *et al.*, 2018).

### **4. SMILE PRO**

SMILE PRO merupakan penyempurnaan dari teknik ReLEx SMILE dengan teknologi laser yang lebih mutakhir dan waktu prosedur yang lebih singkat. Teknologi yang digunakan memungkinkan presisi yang lebih tinggi dalam pembentukan lentikula sehingga memberikan hasil koreksi yang lebih optimal. Prosedur ini juga dirancang untuk meningkatkan kenyamanan pasien dan mempercepat proses pemulihan. SMILE PRO sangat cocok bagi individu yang mencari prosedur minim invasif dengan hasil yang presisi, terutama pada kasus miopia dan astigmatisme yang lebih kompleks (Vestergaard *et al.*, 2021).

### 2.1.11.3 Evaluasi Pra Operasi

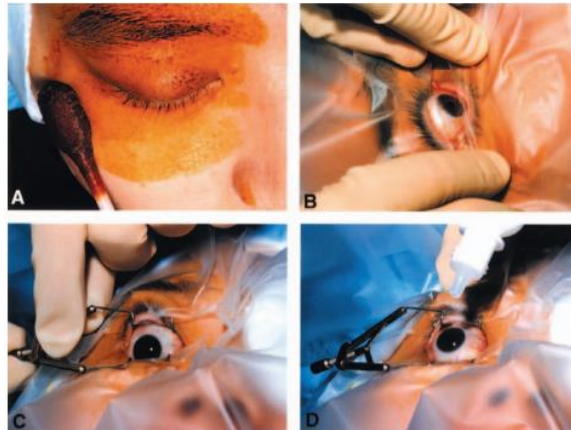
Evaluasi pra operasi pada prosedur *Myopic* LASIK adalah langkah krusial untuk memastikan keberhasilan dan keamanan operasi. Tahap ini melibatkan serangkaian pemeriksaan yang bertujuan untuk menentukan apakah pasien merupakan kandidat yang tepat untuk menjalani LASIK. Pertama, pemeriksaan refraksi dilakukan untuk mengukur tingkat miopia dan menentukan resep koreksi yang tepat (Holden *et al.*, 2020). Selanjutnya, pemeriksaan ketajaman visual diperlukan untuk mengetahui sejauh mana penglihatan pasien tanpa koreksi dan dengan koreksi, biasanya menggunakan tabel Snellen (Reinstein *et al.*, 2019). Pemeriksaan topografi kornea dilakukan untuk memetakan bentuk dan kelengkungan kornea, dengan tujuan untuk memastikan ketebalan dan kesehatan kornea yang cukup untuk prosedur LASIK (Wang *et al.*, 2019). Ketebalan kornea diukur menggunakan *pachymeter* karena pasien dengan kornea yang terlalu tipis tidak cocok untuk dilaksanakan LASIK (Sanchez *et al.*, 2021). Selain itu, pemeriksaan mata lengkap dilakukan untuk menilai kesehatan umum mata dan mengidentifikasi kondisi atau penyakit lain yang dapat mempengaruhi hasil operasi, seperti katarak atau glaukoma. Evaluasi kesehatan umum pasien juga penting dikarenakan kondisi medis tertentu seperti diabetes atau penyakit autoimun dapat mempengaruhi kemampuan penyembuhan. Riwayat penggunaan lensa kontak juga dievaluasi. Pasien diminta untuk berhenti menggunakan lensa kontak beberapa minggu sebelum evaluasi untuk memastikan akurasi hasil pemeriksaan. Akhirnya, diskusi tentang harapan dan risiko dilakukan untuk memastikan pasien memiliki ekspektasi yang realistis dan memahami potensi risiko dan komplikasi yang mungkin terjadi pasca operasi. Evaluasi pra operasi yang komprehensif ini memastikan bahwa prosedur *Myopic* LASIK dilakukan pada kandidat yang tepat sehingga memaksimalkan

peluang keberhasilan dan meminimalkan risiko komplikasi (Sanchez *et al.*, 2021).

## **2.1.12 Teknik dan Prosedur *Myopic* LASIK**

### **2.1.12.1 Persiapan dan *Suction Ring***

Persiapan untuk prosedur LASIK mencakup beberapa langkah penting. Meskipun infeksi setelah LASIK jarang terjadi, tetap ada risiko yang dapat mengancam penglihatan. Oleh karena itu, area operasi harus dipersiapkan secara steril, dengan menerapkan tindakan septik dan antiseptik, menggunakan kain pembatas atau *drape*, sarung tangan, dan instrumen steril sebagai standar. Tindakan septik dan antiseptik harus dilakukan sebelum operasi dimulai. Ini termasuk aplikasi betadine, pembersihan bulu mata pasien atau *scrubbing*, dan irigasi permukaan okular. Betadine dapat diterapkan menggunakan kasa steril dan dibiarkan mengering selama sekitar satu menit. Kain pembatas steril ditempatkan di atas mata yang akan dioperasi untuk memastikan area operasi tetap steril. Spekulum dipasang dengan hati-hati untuk menghindari ketidaknyamanan pada pasien. Jika pemasangan atau perluasan spekulum menyebabkan nyeri atau ketidaknyamanan, ukuran pembukaan spekulum harus disesuaikan. Spekulum dipasang untuk memaksimalkan visualisasi area selama tindakan dan aplikasi cincin hisap atau *suction ring* serta mikrokeratom. Pasien kemudian diminta untuk melihat ke samping atau ke atas, dan anestesi topikal diberikan pada area forniks. Pasien diminta untuk melihat ke arah yang berlawanan saat diberikan obat tetes anestesi untuk menghindari aplikasi langsung pada kornea (Smith *et al.*, 2019).



**Gambar 2.4 (A) Scrubbing kulit dan bulu mata. (B) Pemasangan drape steril. (C) Pemasangan spekulum. (D) Pemberian Propacaine.**

Sumber: Azar & Koch, (2003).

Tanda-tanda praoperasi pada kornea membantu memastikan posisi *flap* yang tepat dan sangat berguna dalam situasi komplikasi seperti *free cap*. Dalam kondisi ini, penggunaan penanda asimetris dapat mencegah kesalahan penempatan *flap* dengan permukaan epitel menghadap ke bawah. Berbagai jenis penanda tersedia, tetapi jenis yang menggunakan tinta berlebih harus dihindari. Penandaan harus dilakukan seminimal mungkin untuk menghindari toksisitas atau kerusakan fisik pada epitel (Smith *et al.*, 2019).

Selama pemasangan cincin hisap atau *suction ring*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, termasuk durasi hisap. Durasi hisap harus sesingkat mungkin untuk mencegah iskemia saraf optik dan retina selama LASIK (Jones *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penting bagi operator untuk memastikan alat mikrokeratom siap sebelum aplikasi *suction ring*. Pilihan *suction ring* dan mikrokeratom harus disesuaikan dengan setiap pasien, dengan mempertimbangkan ukuran ablasi, mata yang akan dioperasi (kanan atau kiri), keratometri, kelainan refraksi, dan pakimetri (Miller *et al.*, 2021). Kesiapan mikrokeratom dan integritas *blade* mikrokeratom harus diperiksa sebelum *suction* diterapkan. Kesiapan laser,

termasuk target kelainan refraksi harus dikonfirmasi ulang. Kalibrasi ulang laser perlu dilakukan sebelum pemasangan spekulum pada mata untuk menghindari pengeringan epitel dan stroma (Williams *et al.*, 2021).

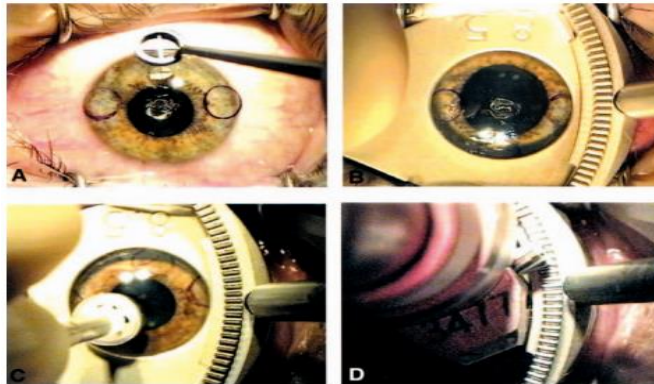
Memastikan posisi sentrasi *suction ring* sangat krusial. *Suction ring* harus diarahkan untuk memastikan sentrasi *flap* terhadap pusat pupil. Operator harus teliti memeriksa dan memperbaiki setiap desentrasi yang terjadi. Salah satu pendekatan untuk meminimalisasi penyimpangan adalah dengan menekan kedua sisi *suction ring* dengan kuat selama 2 hingga 5 detik sebelum memulai *suction* (Brown *et al.*, 2020). Indikator *suction* yang baik meliputi pelebaran pupil, penurunan penglihatan pasien, dan gerakan simpatik bola mata ke depan saat mengangkat *suction ring*. Tekanan intraokular dapat diukur secara kualitatif dengan tekanan digital pada bola mata atau secara kuantitatif dengan tonometer. Berbagai jenis tonometer tersedia untuk mengukur tekanan bola mata (Harris *et al.*, 2020).

#### **2.1.12.2 Pengangkatan Flap**

Lubrikasi merupakan langkah awal penting sebelum pengangkatan *flap*. *Proparacaine* disarankan karena mengandung gliserin, yang berfungsi sebagai pelumas untuk permukaan okular, sehingga mengurangi risiko resistensi dan gesekan. Pengeringan forniks setelah pengangkatan mikrokeratom dan *suction ring* juga penting untuk mengurangi pergerakan meibom dan debris ke arah *interface flap* (Smith *et al.*, 2019).

Setelah *flap* diangkat, tingkat dehidrasi kornea meningkat. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan pemusatan laser yang tepat sebelum pengangkatan *flap*. Hal ini tidak hanya meminimalkan interval antara pengangkatan dan ablasi, tetapi juga memberikan pasien kesempatan untuk melihat target saat *flap* masih

terpasang. Pasien harus diberi tahu bahwa target dapat memudar dan berubah warna saat *flap* diangkat (Jones *et al.*, 2020).



**Gambar 2.5 (A) Corneal preplaced marks. (B) Aplikasi suction ring. (C) Pengukuran intraokular dengan tonometer. (D) Advance dan reverse dari mikrokeratom.**

Sumber: Azar & Koch, (2003).

Beberapa instrumen yang dapat digunakan untuk mengangkat *flap* termasuk *irrigating cannula*, *modified hook*, atau *modified curved tying forceps*. Keuntungan menggunakan forsep adalah operator dapat memisahkan ujung forsep dengan melepaskan pegangan sehingga mencegah lipatan *flap*. Usapan lembut dengan forsep pada permukaan bawah *flap* mungkin diperlukan untuk mencegah kerutan saat mengering. *Flap* juga bisa dilipat menjadi dua seperti taco untuk melindungi lapisan bawah flap (Miller *et al.*, 2021).

Spons murocel mungkin diperlukan untuk menyeka cairan yang menggenang di tepi *flap*. Kedalaman ablasi harus dikonfirmasi ulang sebelum dilakukan ablasi laser. Pada pasien dengan ketebalan *bed residual* mendekati 250  $\mu\text{m}$ , pakimetri intraoperatif perlu dilakukan untuk memastikan ketebalan lapisan yang tersisa. Jika *bed residual* lebih tipis dari yang diharapkan, operator harus

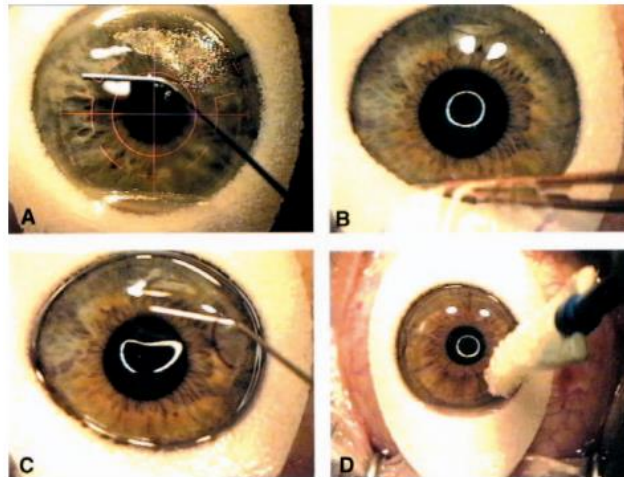
mempertimbangkan *undercorrection* untuk menghindari risiko ektasia (Williams *et al.*, 2021).

### 2.1.12.3 **Treatment Laser dan Flap Realignment**

Walaupun pencahayaan langsung *oblique* memiliki tingkat kooperasi pasien yang tinggi dan menyebabkan dilatasi pupil fisiologis, menurunkan sensitivitas cahaya, dan peningkatan kemampuan pasien untuk fiksasi pada target, pencahayaan langsung sangat membantu prosedur LASIK. *Illuminator ring light* membantu pasien memfiksasi pandangannya. Laser difokuskan pada pupil pasien. Setelah pupil dan target sejajar, pasien mengkonfirmasi fiksasi target, dan kepala pasien tetap di tempatnya. Saat prosedur berlangsung, operator harus terus menginformasikan prosedur dan selalu memastikan pasien memfiksasikan matanya dengan baik. Lapisan stroma dibasahi dengan solusi *saline* dasar *cannula*. Teknik reposisi ulang *flap* berbeda untuk setiap operator, tetapi dapat dilakukan dengan beberapa alat, seperti spatula atau forsep yang biasa digunakan untuk mengangkat *flap*. Sementara gerakan yang lambat dapat menyebabkan lipatan *flap* dan bagian pinggir yang tidak sejajar, gerakan yang cepat dapat meregangkan *flap* (Smith *et al.*, 2019).

Reirigasi hanya dilakukan oleh operator tertentu jika posisi penggantian *flap* awal tidak memadai. Untuk membersihkan debris, juga dapat digunakan irigasi. Untuk menghilangkan debris dari *interface* tanpa menggabungkan cairan, cairan harus diinjeksi dengan kuat. Jika diinjeksikan dari satu sisi *flap*, injeksi harus dilakukan dalam arah sentrifugal. Jika diinjeksikan dari kedua sisi *flap*, injeksi harus dimulai dari ujung kanula yang berada di bawah batas *flap*, kemudian kanula digeser ke tengah untuk membilas material dari sisi berlawanan. Saat kanula dikeluarkan, irigasi harus dilakukan. Untuk mengurangi edema, dapat menggunakan *suction*

atau spons murocel untuk mencegah kelebihan cairan (Smith *et al.*, 2019).



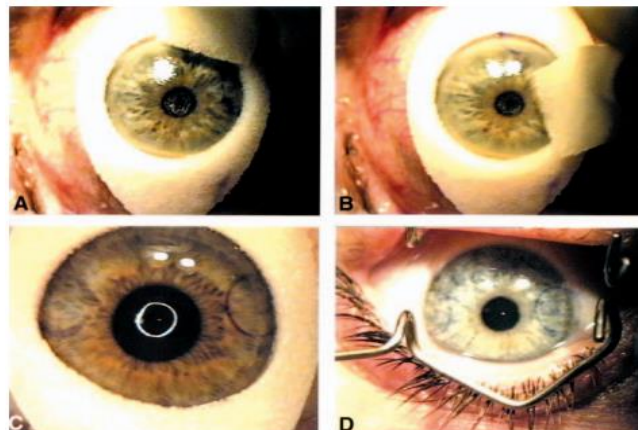
**Gambar 2.6 (A) Irigasi. (B) Reposisi flap. (C) Pengeringan dengan Murocel.**

Sumber: Azar & Koch, (2003).

Reposisi flap dengan gutter yang simetris, penempatan penanda kornea, dan penghapusan udara, serat, dan debris pada *interface* adalah langkah akhir. Untuk mengeringkan area permukaan dan sekitar flap, sebagian besar operator menggunakan Murocel, spons nonselulosa dan *nonfragmenting*. Setelah flap stroma diposisikan kembali, epitelium juga diposisikan kembali. Murocel yang lembab dapat membantu tindakan ini tanpa meninggalkan *striae*. Selanjutnya, sumber cahaya harus diubah menjadi sepuluh mode iluminasi direk. Pasien harus diberitahu bahwa sumber cahaya akan lebih terang dari sebelumnya. Saat ini, operator dapat mengidentifikasi *striae* dan *stretching flap*, dan mereka dapat menentukan jumlah *sweeping* yang diperlukan flap setelah mengering (Smith *et al.*, 2019).

Untuk mencegah lipatan atau *stretch marks*, permukaan kornea yang basah dapat membantu melakukan *sweeping* pada

kornea dalam arah pararadial dan radial. *Sweeping* dimulai di bagian sentral. Setelah membersihkan permukaan okular dengan spons basah, tunggu selama 2 hingga 5 menit. Permukaan okular tidak boleh kering sepenuhnya selama masa tunggu. Selama masa tunggu, antibiotik topikal, steroid, dan obat tetes mata anti inflamasi nonsteroid diberikan. Operator harus memperhatikan refleks cahaya untuk memastikan posisi *flap* yang tepat. Selama waktu tunggu, operator dapat meninjau tindakan pencegahan pasca operasi seperti menghindari menggosok mata dan menekan sebelas kelopak mata. Sebelum spekulum dilepas, tetes antibiotik, tetes nonsteroid, dan air mata buatan bebas pengawet diberikan pada interval 15 detik (Miller *et al.*, 2021).



**Gambar 2.7 (A) Usapan radial. (B) Usapan pararadial. (C) Iluminasi direk dan masa tunggu untuk aposisi *flap* yang adekuat. (D) Pelepasan spekulum.**

Sumber: Azar & Koch, (2003).

Spekulum dan *drape* dilepas pada akhir operasi. Proses ini dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari lipatan dan perpindahan *flap*. Spekulum diputar secara superior sebelum pengangkatan untuk mencegah perpindahan atau cedera pada *flap*.

Setelah pengangkatan spekulum, *flap* diinspeksi ulang untuk memastikan posisinya yang tepat (Miller *et al.*, 2021).

#### **2.1.13 Manajemen Pasca Operasi**

Sampai beberapa jam setelah operasi, pasien mungkin mengeluhkan rasa tidak nyaman pada mata mereka. Pasien diminta untuk beristirahat dengan menggunakan perlindungan mata dan tidak menggosok matanya selama beberapa hari. Steroid dan antibiotik topik diberikan empat kali sehari selama dua minggu. Setelah itu, evaluasi akan dilakukan untuk menentukan apakah perlu dilanjutkan atau tidak. Air mata buatan diberikan sesuai kebutuhan (Miller *et al.*, 2021).

Stabilisasi ketajaman penglihatan akan dicapai setelah 3-6 bulan tergantung pada besarnya koreksi yang dilakukan. Pemakaian kacamata atau alat bantu lainnya mungkin saja masih diperlukan setelah stabilisasi tercapai. Penilaian perlunya operasi ulang dilakukan berdasarkan tingkat kepuasan pasien dan setelah stabilisasi ketajaman penglihatan dicapai (Miller *et al.*, 2021).

#### **2.1.14 Penyembuhan Kornea Pasca LASIK**

Proses penyembuhan kornea merupakan faktor yang paling tidak dapat dikontrol oleh operator dalam menentukan hasil operasi yang didapat. Reaktifitas jaringan masing-masing individu terhadap luka operasi amat bervariasi sehingga pengertian atas proses penyembuhan ini masih sangat terbatas. Secara umum, proses penyembuhan ini meliputi mekanisme yang terjadi pada epitel dan mekanisme yang terjadi pada stroma (Jones *et al.*, 2020).

Hal yang pertama terjadi pada penyembuhan kornea adalah apoptosis keratosit stroma. Apoptosis ini diinduksi oleh sitokin yang diproduksi oleh epitel kornea yang mengalami cedera. Air mata yang masuk melalui tepi luka juga diduga mengandung faktor-faktor yang

memicu terjadinya apoptosis. Apoptosis keratosit ini terjadi pada permukaan stroma baik di anterior maupun posterior penampang *flap*. Lokasi terjadinya apoptosis ini menentukan lokasi terjadinya proses penyembuhan selanjutnya, yang berhubungan dengan terjadinya regresi pasca operasi (Jones *et al.*, 2020).

Proses penyembuhan epitel berjalan pada waktu yang bersamaan dengan terjadinya apoptosis keratosit. Penyembuhan epitel ini mencakup proliferasi sel-sel terutama dari daerah limbus diikuti migrasi dan diferensiasi sel-sel tersebut untuk menutupi luka yang terjadi. Regulasi penyembuhan epitel ini dilakukan oleh sitokin dari epitel sendiri, sitokin dari keratosit, miofibroblas dan fibroblast di stroma dan sitokin yang terkandung dalam air mata. Sitokin air mata diperkirakan merupakan penentu proliferasi dan migrasi dini sel-sel epitel kornea. Selanjutnya sitokin dari keratosit, miofibroblas dan fibroblas stroma mengambil alih regulasi proliferasi, migrasi dan diferensiasi sel epitel. Proses penyembuhan epitel ini dapat terjadi berlebihan sehingga terjadi hiperplasia epitel yang dapat menetap untuk beberapa lama. Faktor yang diperkirakan menyebabkan *hyperplasia* adalah terjadinya perubahan bentuk permukaan kornea secara tiba-tiba (Jones *et al.*, 2020).

Proliferasi sel keratosit yang tersisa terjadi pada 12-24 jam pasca operasi. Seperti apoptosis, proliferasi ini juga terjadi pada stroma anterior dan posterior dari penampang *flap*. Proliferasi keratosit ini akan memicu repopulasi daerah stroma yang terablasikan oleh seluruh keratosit yang tersisa berikut miofibroblas dan fibroblas. Miofibroblas memegang peranan penting dalam kontraksi tepi luka, pada LASIK sejumlah besar miofibroblas ditemukan pada tepi *flap* (Jones *et al.*, 2020).

Proses yang terjadi selanjutnya adalah pembentukan stroma. Susunan kolagen stroma yang tadinya terganggu akibat ablasi sinar laser akan diresorpsi dan digantikan oleh kolagen-kolagen baru

dengan susunan teratur. Proses ini juga dikaitkan dengan terjadinya regresi pasca LASIK (Miller *et al.*, 2021).

#### **2.1.15 Regresi, *Overcorrection*, dan *Undercorrection***

Regresi adalah kecenderungan hilangnya efek refraktif suatu operasi seiring dengan berjalannya waktu terutama pada enam bulan pertama pasca operasi. Secara umum, regresi pada LASIK dihubungkan dengan dua mekanisme utama, yaitu *hyperplasia* epitel dan pembentukan stroma. Komplikasi LASIK yang berhubungan erat dengan regresi adalah adanya defek epitel dan *diffuse lamellar keratitis*. Kedua komplikasi ini meningkatkan respon penyembuhan secara keseluruhan sehingga melibatkan lebih banyak jaringan stroma (Miller *et al.*, 2021).

*Overcorrection* adalah terjadinya koreksi berlebihan sehingga kekuatan refraksi yang didapatkan justru melampaui target emetropia yang diinginkan, pada *Myopic* LASIK suatu *overreaction* menghasilkan mata yang hipermetropia. *Undercorrection* adalah hal yang sebaliknya (Smith *et al.*, 2019).

#### **2.1.16 Komplikasi Lasik**

Walaupun LASIK merupakan prosedur yang relatif lebih aman daripada prosedur refraktif lainnya, namun terdapat beberapa komplikasi yang mungkin terjadi pada pasien. Komplikasi ringan terjadi pada 1-2% kasus dan komplikasi berat yang mengancam penglihatan terjadi 0,2-0,3% kasus. Perhatian khusus perlu diberikan pada komplikasi yang dapat terjadi, dibagi menjadi komplikasi intra operasi dan komplikasi pasca operasi (Moshifar *et al.*, 2022).

##### **2.1.16.1 Komplikasi Intra Operasi**

Komplikasi intra operasi berhubungan dengan keseluruhan proses operasi. Malfungsi instrumentasi yang digunakan dan ketidakmampuan pasien untuk memfiksasi penglihatan merupakan

dua hal yang menjadi penyebab terjadinya komplikasi-komplikasi ini (Moshifar *et al.*, 2022).

**a. Komplikasi yang Berhubungan Dengan Flap**

Pemeriksaan pra operasi memegang peranan penting untuk mencegah terjadinya komplikasi *flap*. Hasil pemeriksaan yang menunjukkan kelengkungan kornea yang terlalu curam atau terlalu datar merupakan predisposisi terjadinya komplikasi intra operasi. Hal penting lainnya adalah untuk memastikan *suction ring* dan mikrokeratom dapat mengakibatkan cacat pada *flap* yang jika terjadi cukup parah dapat membatalkan seluruh prosedur. Komplikasi yang dapat terjadi mencakup *flap* yang terlalu tipis, *flap* inkomplit, *free cap*, desenterasi *flap*, *button hole flap*, perdarahan intra operasi dan perforasi kornea. *Button hole flap* adalah *flap* yang tidak lengkap, yang mana bagian sentral kornea tidak ikut terpotong sehingga tertinggal pada permukaan kornea. Jika hal ini sampai terjadi, prosedur LASIK ditunda sampai minimal 3 bulan dan *flap* direposisi pada tempatnya (Moshifar *et al.*, 2022).

**b. Komplikasi yang Berhubungan Dengan Proses Ablasi Stroma**

Komplikasi yang dapat terjadi antara lain desenterasi ablasi dan astigmatisme iregular. Desenterasi ablasi dapat terjadi apabila fiksasi penglihatan yang baik oleh pasien tidak tercapai atau sentrasi sinar laser yang tidak tepat oleh operator. Desenterasi merupakan hal yang umum terjadi pada prosedur ini dengan jarak maksimal yang dapat ditoleransi adalah sebesar 1 mm. Jika terjadi desenterasi yang lebih besar dari 1 mm maka astigmatisme dapat terjadi. Angka kejadian desenterasi semakin berkurang sehubungan dengan dikembangkannya sistem *eye tracker* (Moshifar *et al.*, 2022).

## 2.1.16.2 Komplikasi Pasca Operasi

### 1. Kelainan Pada *Flap*

Kelainan pada *flap* adalah hal penting yang harus dinilai pada saat pemeriksaan berkala pasca operasi. Penyebab utama perubahan posisi *flap* adalah faktor mekanis seperti menggosok mata, trauma atau permukaan kornea tersentuh ujung botol obat tetes mata pada saat pasien meneteskan medikasi topikal. Penyebab lain adalah lemahnya adesi antara *flap* dengan permukaan stroma akibat gangguan pada pompa endotel kornea atau terlalu banyaknya cairan tertinggal di bawah *flap* karena hal ini merupakan predisposisi untuk sejumlah komplikasi lainnya seperti *diffuse lamellar keratitis*, keratitis infeksi dan *epithelial ingrowth* yang akan dibahas pada bagian selanjutnya (Atmaja & Faqihurrahman A., 2020).

Lipatan atau kerutan pada *flap* adalah komplikasi tersering pada prosedur LASIK. Penjelasan anatomis terhadap kelainan ini adalah adanya perbedaan relatif antara luas permukaan dalam *flap* dengan permukaan stroma yang harus ditutupi sehingga terdapat ruang-ruang kosong yang memungkinkan terjadinya kerutan. Reposisi dipertimbangkan untuk dilakukan jika kerutan tersebut menyebabkan adanya astigmatisme iregular. Apabila kerutan terjadi di daerah perifer dan tidak banyak mempengaruhi penglihatan, reposisi tidak perlu dilakukan mengingat tindakan pengangkatan *flap* pada reposisi merupakan tindakan yang mengandung risiko (Moshifar *et al.*, 2022).

### 2. *Diffuse Lamellar Keratitis*

*Diffuse lamellar keratitis* (DLK) adalah suatu reaksi inflamasi difus non infeksius yang terjadi di bawah *flap*. Kelainan ini umumnya terjadi dalam 7 hari pertama pasca operasi namun

dilaporkan dapat terjadi sampai 6 bulan pasca operasi. *Diffuse lamellar keratitis* secara klinis terlihat sebagai *infiltrate granular multiple* berwarna putih yang datar dan tersebar secara difus di penampang flap tanpa disertai penyebaran kearah anterior maupun posterior. Penampakan klinis seperti ini yang menyebabkan *diffuse lamella keratitis* disebut juga sebagai *sands of sahara*. Gejala yang terjadi pada kondisi ini dapat bervariasi dari tidak ada gejala sama sekali sampai adanya fotofobia, gangguan penglihatan, nyeri, mata merah dan mata yang berair (Moshifar *et al.*, 2022).

### 3. **Epithelial Ingrowth**

*Epithelial ingrowth* (EI) merupakan komplikasi yang jarang terjadi secara umum. Faktor risiko lain adalah usia tua, Riwayat erosi epitel berulang. Riwayat *epithelial ingrowth* pada mata sebelahnya, peradangan pasca operasi, kelainan *flap* pasca operasi, debris yang tertinggal di penampangan serta adesi pasca LASIK yang tidak adekuat. Kelainan ini dapat terlihat secara klinis dari beberapa hari sampai beberapa bulan pasca operasi (Moshifar *et al.*, 2022).

*Epithelial ingrowth* terlihat sebagai kumpulan sel epitel pada penampang yang disebabkan implantasi tidak sengaja pada saat operasi atau penjalaran sel-sel epitel tersebut dari ujung *flap*, keadaan yang kedua merupakan keadaan yang lebih sering ditemukan dibandingkan yang pertama. Sebagian besar EI (90%) akan menghilang sendiri atau menetap tanpa menyebabkan gangguan yang berarti. Perhatian khusus perlu diberikan apabila *epithelial ingrowth* yang terjadi meluas dan menyebabkan astigmatisme iregular dan keratolisis. *Epithelial ingrowth* yang mencapai ukuran 2 mm merupakan faktor risiko terjadinya keratolisis (Moshifar *et al.*, 2022).

*Epithelial ingrowth* yang cukup berat dapat menyebabkan pencairan atau nekrosis stroma dengan tiga acara. Pertama, sel epitel merupakan membran yang impermeabel sehingga sel-sel stroma yang lebih anterior dari sel *epithelial ingrowth* tidak akan mendapatkan nutrisi yang cukup dari humor akuos yang melalui endotel kornea. Kedua, sitokin yang dibawa oleh sel epitel pada *epithelial ingrowth* akan menginduksi apoptosis pada keratosit-keratosit stroma yang mengakibatkan berkurangnya jumlah keratosit stroma yang penting untuk regenerasi stroma. Mekanisme ketiga adalah pengaktifan enzim-enzim pendegradasi stroma seperti kolagenase dan metalloproteinase oleh IL-1 dari sel epitel ektopik (Moshifar *et al.*, 2022).

Penanganan EI juga tergantung pada beratnya kelainan. Seperti telah dibahas sebelumnya, Sebagian besar EI akan menghilang dengan sendirinya. Reposisi *flap* yang diikuti dengan *debridement* merupakan tindakan terpilih pada kasus EI yang menyebabkan astigmatisme ireguler, melibatkan daerah aksis visual serta dicurigai dapat menyebabkan pencairan stroma (Moshifar *et al.*, 2022).

#### **4. Astigmatisme Ireguler**

Berbagai komplikasi dapat menyebabkan kelainan ini, seperti *epithelial ingrowth*, *diffuse lamellar keratitis*, kerutan *flap*, serta komplikasi lain yang berhubungan dengan keadaan *flap* (Moshifar *et al.*, 2022).

#### **5. Epiteliopati Neurotropik Kornea**

Epiteliopati neurotropik kornea (ENK) merupakan keadaan menyerupai *dry eye* pada mata pasca LASIK. Etiologi kelainan ini adalah terpotongnya sebagian besar serat saraf sensorik yang menuju ujung-ujung saraf pada epitel yang

terdapat di permukaan *flap*. Hal ini berakibat hilangnya sensitivitas kornea yang kemudian menyebabkan gangguan pada refleks berkedip dan produksi air mata. Epiteliopati neurotropik kornea terjadi pada 4% pasien pasca LASIK dan gejalanya akan dirasakan pasien selama 3-6 bulan sampai pulihnya fungsi persarafan sensorik kornea (Atyanto & Sella Rizki, 2015).

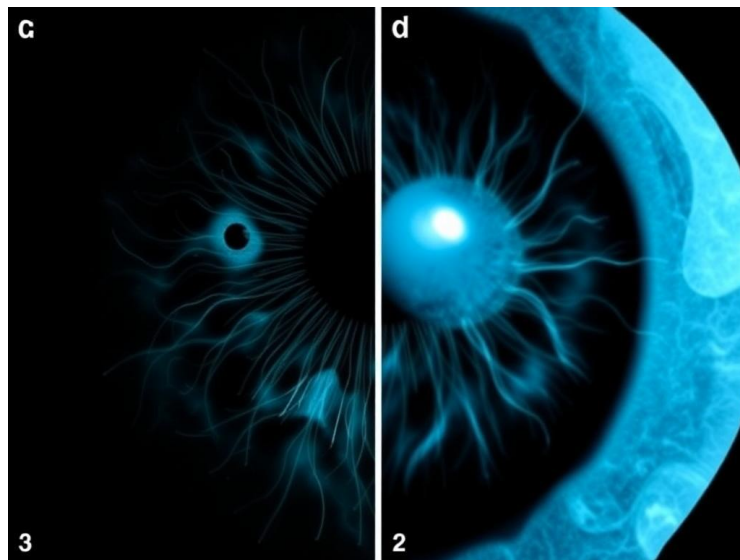
## 6. Keratitis Infeksiosa

Keratitis yang diakibatkan proses infeksi merupakan komplikasi yang jarang terjadi pada LASIK. Insiden keratitis infeksiosa pasca LASIK antara 1 per 1000 sampai 1 per 5000 operasi. Bakteri penyebab infeksi dapat masuk pada saat operasi apabila terbawa oleh instrument yang digunakan selama prosedur (Moshifar *et al.*, 2022).

Secara umum akan terlihat infiltrat pada penampang disertai atau tidak disertai penyebaran ke lapisan di anterior maupun posteriornya. Edema stroma dapat terjadi di sekitar infiltrat dan pada kasus berat tanda-tanda peradangan di segmen anterior dapat terlihat dengan jelas bahkan disertai pembentukan hipopion (Moshifar *et al.*, 2022).

### 2.1.17 Ortho-K

Prosedur *Orthokeratology* (ortho-k) adalah prosedur non-bedah yang bertujuan untuk mengoreksi penglihatan melalui penggunaan lensa kontak khusus yang dirancang untuk membentuk ulang kornea secara sementara selama tidur (American Academy of Ophthalmology, 2023). Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan lensa kontak *gas-permeable* yang dibuat khusus untuk masing-masing individu berdasarkan peta topografi kornea mereka (My Kids Vision, 2023).



**Gambar 2.8 Alat untuk memetakan topografi kornea.**

Sumber: American Academy of Ophthalmology.

Ortho-k paling sering digunakan untuk mengatasi miopia (rabun jauh) yang semakin umum terjadi pada populasi global (Walline *et al.*, 2020). Selain itu, ortho-k juga efektif dalam menangani kondisi refraksi lainnya, seperti hipermetropia (rabun dekat), astigmatisme, dan bahkan presbiopia, meskipun aplikasi utamanya tetap pada pengelolaan miopia progresif pada anak-anak (Hiraoka *et al.*, 2016).

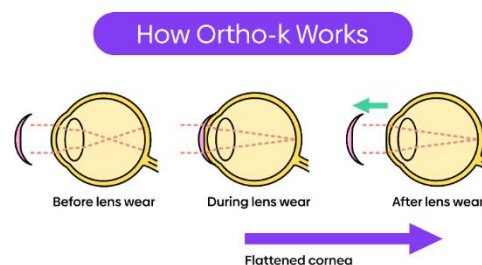
Prosedur ini dimulai dengan pemeriksaan mata menyeluruh oleh profesional perawatan mata, yang mencakup analisis topografi kornea untuk memastikan kecocokan lensa yang optimal (American Academy of Ophthalmology, 2023). Lensa ortho-k dipakai semalaman, di mana mereka secara lembut meratakan bagian tengah kornea. Efek ini mengubah cara cahaya dibiaskan oleh mata, sehingga menghasilkan penglihatan yang jelas di siang hari tanpa memerlukan alat bantu seperti kacamata atau lensa kontak biasa (Cho *et al.*, 2023).



**Gambar 2.9 Instrumen topografi kornea yang digunakan untuk membuat model komputer kornea (kubah bening di bagian depan mata).**

Sumber: MyKidsVision

Efek koreksi ortho-k bersifat sementara, yang berarti bahwa lensa harus dipakai secara rutin setiap malam untuk mempertahankan penglihatan yang baik (My Kids Vision, 2023). Jika pengguna berhenti memakai lensa, kornea akan kembali ke bentuk aslinya dalam beberapa hari hingga minggu, tergantung pada kondisi mata individu (Hiraoka *et al.*, 2016).



**Gambar 2.10 Lensa Ortho-k meratakan kornea (permukaan depan mata) dengan lembut selama pemakaian.**

Sumber: MyKidsVision

Salah satu keuntungan utama ortho-k adalah kenyamanan penglihatan tanpa alat bantu sepanjang hari, yang sangat berguna bagi individu yang aktif atau mereka yang memiliki pekerjaan atau hobi yang tidak cocok untuk penggunaan lensa kontak biasa atau kacamata (Chen *et al.*, 2018). Selain itu, ortho-k telah terbukti secara klinis dapat memperlambat progresi miopia pada anak-anak, menjadikannya pilihan yang semakin populer di kalangan orang tua yang ingin melindungi penglihatan anak-anak mereka di masa depan (Walline *et al.*, 2020).

Namun, ortho-k bukan tanpa risiko. Penggunaan lensa kontak semalaman dapat meningkatkan risiko infeksi mata, seperti keratitis mikroba, jika lensa tidak dirawat dengan benar atau kebersihan tidak dijaga (American Academy of Ophthalmology, 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengikuti prosedur pembersihan dan perawatan lensa yang dianjurkan oleh profesional perawatan mata (My Kids Vision, 2023).



**Gambar 2.11 Lensa Ortho-K**

Sumber: MyKidsVision

Dari sudut pandang ekonomi, ortho-k dapat menjadi investasi yang signifikan, karena biaya awal untuk pemeriksaan, pembuatan lensa, dan kunjungan tindak lanjut biasanya lebih tinggi

dibandingkan dengan lensa kontak biasa atau kacamata (Chen *et al.*, 2018). Namun, bagi banyak pengguna, manfaat jangka panjang yang diperoleh dari penglihatan bebas alat bantu dan potensi perlambatan miopia membuatnya menjadi pilihan yang berharga (Walline *et al.*, 2020).

Secara keseluruhan, ortho-k menawarkan solusi inovatif untuk masalah refraksi, khususnya miopia, dengan manfaat tambahan berupa potensi perlambatan progresi miopia pada anak-anak. Namun, penting bagi calon pengguna untuk memahami komitmen yang diperlukan, termasuk pemakaian lensa secara rutin dan perawatan yang cermat, untuk memastikan hasil yang optimal dan mencegah komplikasi (Hiraoka *et al.*, 2016).

#### **2.1.18 Kualitas Hidup**

Kualitas hidup adalah konsep yang mencakup persepsi individu terhadap kondisi fisik, psikologis, hubungan sosial, dan lingkungan mereka. Konsep ini penting untuk menilai dampak kesehatan dan intervensi medis terhadap kesejahteraan individu secara menyeluruh (WHO, 2020). Dalam konteks kesehatan, kualitas hidup sering kali diukur menggunakan instrumen seperti WHOQOL-BREF yang mencakup empat domain utama: kesehatan fisik, psikologis, hubungan sosial, dan lingkungan. Penilaian ini memberikan gambaran holistik tentang tingkat kesejahteraan dan kebahagiaan seseorang, terutama dalam populasi dengan kondisi medis tertentu (Skevington *et al.*, 2020).

Kesehatan fisik merupakan aspek yang paling sering dikaitkan dengan kualitas hidup, terutama pada individu dengan gangguan penglihatan seperti miopia. Gangguan ini dapat mengganggu aktivitas sehari-hari dan mengurangi produktivitas individu (Holden *et al.*, 2021). Intervensi medis seperti LASIK telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas hidup pasien dengan

gangguan refraksi. Studi menunjukkan bahwa pasien yang menjalani LASIK melaporkan peningkatan yang signifikan dalam aktivitas fisik tanpa hambatan visual yang pada akhirnya meningkatkan kepuasan terhadap kehidupan sehari-hari (Bourget *et al.*, 2022).

Selain manfaat fisik, kualitas hidup juga mencakup aspek psikologis yang melibatkan kesejahteraan mental, rasa percaya diri, dan pengurangan stres. Prosedur LASIK memberikan dampak positif yang signifikan pada aspek psikologis pasien. Sebuah penelitian menemukan bahwa lebih dari 90% pasien melaporkan peningkatan kepercayaan diri dan penurunan rasa cemas terkait penampilan fisik mereka setelah menjalani LASIK (Wang *et al.*, 2023). Hal ini sangat penting, terutama bagi individu muda dan aktif secara sosial, di mana penampilan dan kepercayaan diri memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari mereka (Sawhney *et al.*, 2023).

Dimensi sosial dan lingkungan juga memainkan peran penting dalam menentukan kualitas hidup. Gangguan penglihatan sering kali membatasi kemampuan individu untuk berinteraksi secara sosial dan berpartisipasi dalam kegiatan komunitas (Yulianti *et al.*, 2021). Namun, dengan perbaikan penglihatan melalui LASIK, individu dapat meningkatkan keterlibatan sosial mereka, yang berdampak pada peningkatan hubungan interpersonal dan kepuasan hidup secara keseluruhan (Friberg *et al.*, 2022). Selain itu, lingkungan yang mendukung, seperti akses terhadap layanan kesehatan berkualitas, juga menjadi faktor penting dalam memastikan peningkatan kualitas hidup pasien pasca-prosedur medis (Holden *et al.*, 2023).

## **2.1.19 Menembak**

### **2.1.18.1 Konsep Dasar Menembak**

Menembak adalah keterampilan yang melibatkan koordinasi antara mata, tangan, dan otak untuk mengarahkan dan melepaskan peluru ke sasaran tertentu dengan akurasi tinggi (Smith *et al.*, 2020).

Aktivitas ini membutuhkan konsentrasi, kestabilan, dan penguasaan teknik tertentu, termasuk posisi tubuh, pernapasan, dan pengendalian pelatuk (Jones *et al.*, 2021). Dalam konteks pelatihan militer atau olahraga, kemampuan menembak bukan hanya mencerminkan keterampilan individu tetapi juga disiplin dan kesiapan mental (Wang *et al.*, 2022).

#### **2.1.18.2 Faktor-faktor Keterampilan Menembak**

Keterampilan menembak dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti penglihatan, kekuatan fisik, dan stabilitas emosional. Penglihatan yang baik sangat penting dalam mengidentifikasi dan mengarahkan sasaran dengan presisi (Brown *et al.*, 2022). Miopia, atau rabun jauh, sering kali menjadi hambatan bagi individu yang terlibat dalam aktivitas menembak, terutama karena penglihatan yang kabur dapat memengaruhi akurasi (Holden *et al.*, 2021). Selain itu, faktor lingkungan seperti pencahayaan dan kondisi cuaca juga berperan dalam menentukan keberhasilan menembak (Yulianti *et al.*, 2021).

#### **2.1.18.3 Teknik Dasar dalam Menembak**

Teknik dasar menembak mencakup penguasaan postur tubuh, pengendalian pernapasan, dan fokus pada titik bidik. Posisi tubuh yang benar memberikan kestabilan yang diperlukan untuk mengurangi getaran atau pergerakan yang tidak diinginkan (Sawhney *et al.*, 2023). Pengendalian pernapasan membantu menstabilkan tubuh dan mengurangi tekanan saat melepaskan tembakan (Bourget *et al.*, 2022). Selain itu, konsistensi dalam fokus pada titik bidik sangat penting untuk memastikan bahwa peluru mengenai sasaran dengan akurat (Friberg *et al.*, 2022).

#### **2.1.18.4 Teknologi dalam Pelatihan Menembak**

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi telah diintegrasikan ke dalam pelatihan menembak untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Simulasi berbasis komputer dan perangkat lunak pelacakan telah digunakan untuk menganalisis pola tembakan dan memberikan umpan balik real-time kepada penembak (Wang *et al.*, 2023). Teknologi ini memungkinkan pelatihan yang lebih terarah, terutama dalam meningkatkan aspek teknis seperti kecepatan reaksi dan pengendalian pelatuk (Brown *et al.*, 2022).

#### **2.1.18.5 Pengaruh Latihan Menembak terhadap Kinerja Fisik dan Psikologis**

Latihan menembak tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis tetapi juga memengaruhi kinerja fisik dan psikologis individu. Aktivitas ini membutuhkan fokus yang intens, yang dapat membantu meningkatkan kemampuan konsentrasi dan ketenangan mental (Smith *et al.*, 2020). Selain itu, latihan menembak secara rutin dapat meningkatkan kekuatan otot dan koordinasi tubuh, yang sangat penting dalam mencapai hasil optimal (Wang *et al.*, 2022).

#### **2.1.18.6 Implikasi Menembak dalam Konteks Miopia**

Bagi individu dengan miopia, seperti kadet mahasiswa, keterbatasan visual dapat memengaruhi akurasi menembak. Prosedur LASIK telah terbukti membantu mengatasi hambatan ini dengan meningkatkan kualitas penglihatan secara signifikan (Holden *et al.*, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa individu yang menjalani LASIK melaporkan peningkatan kinerja dalam aktivitas menembak, terutama dalam hal akurasi dan kecepatan reaksi. Dengan demikian, intervensi medis ini dapat berkontribusi pada peningkatan kinerja secara keseluruhan (Bourget *et al.*, 2022).

## 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

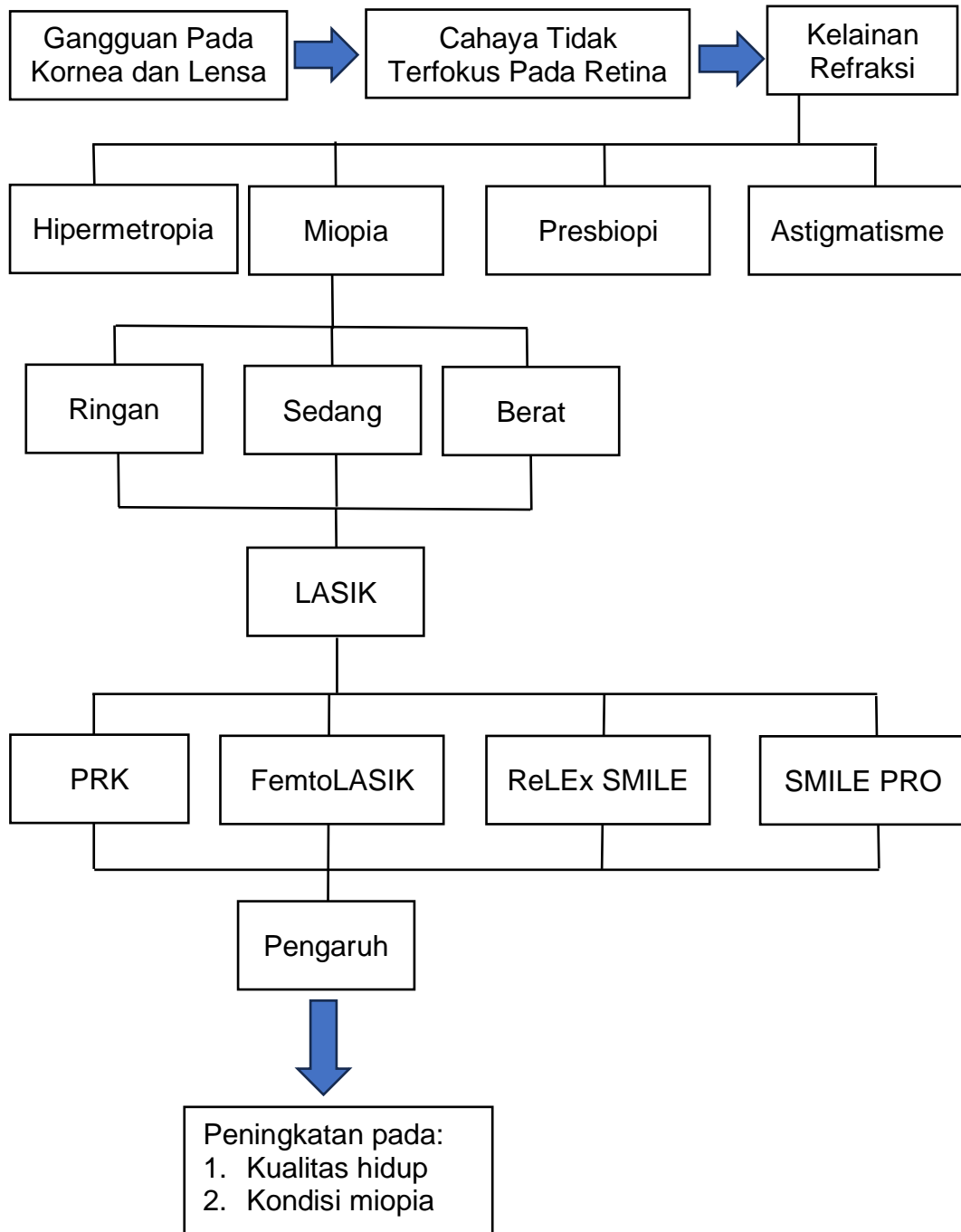
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul	Tujuan & Metode	Hasil
1	(Dewanti Widya Astari <i>et al.</i> , 2022)	Karakteristik Pasien Pasca Operasi LASIK	<p><b>Tujuan</b> Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasien pasca operasi LASIK di rumah sakit rujukan tersier pada tahun 2022</p> <p><b>Metode</b> Metode dari penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien yang menjalani LASIK di rumah sakit rujukan tersier pada tahun 2021, dengan sampel sebanyak 122 orang responden. Analisis dilakukan secara univariat pada setiap variabel karakteristik dan uji Wilcoxon digunakan untuk mengukur perbedaan high order aberration sebelum dan sesudah LASIK.</p>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan <i>high order aberration</i> secara signifikan setelah operasi LASIK, dengan nilai p yang lebih kecil dari 0,05. Selain itu, sebagian besar pasien (92,62%) menyatakan puas dengan hasil operasi LASIK. Keluhan yang dirasakan oleh pasien pasca operasi LASIK antara lain nyeri, glare, kesulitan penglihatan dekat, dan rasa mengganjal. Tindakan asuhan keperawatan seperti pemberian obat tetes mata, penggunaan pelindung mata, serta anjuran untuk tidak berenang dan tidak mengucek mata dianggap esensial dalam perawatan pasien pasca operasi LASIK
2	(Atyanto & Sella Rizki, 2015)	Pengaruh Derajat Miopia Terhadap Terjadinya <i>Striae</i> Pasca LASIK	<p><b>Tujuan</b> Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh derajat miopia terhadap kejadian <i>striae</i> pasca LASIK di Semarang Eye Center RSI Sultan Agung Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah derajat miopia memiliki hubungan dengan risiko terjadinya komplikasi <i>striae</i> setelah operasi LASIK pada pasien miopia.</p> <p><b>Metode</b> Metode penelitian ini adalah analitik observasional dengan desain <i>cross-sectional</i>. Sampel penelitian terdiri dari 120 mata pasien miopia yang menjalani LASIK di Semarang Eye Center RSI Sultan Agung Semarang selama periode Januari-Februari 2015.</p>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ditemukan komplikasi <i>striae</i> pasca LASIK sehingga derajat miopia tidak berpengaruh terhadap kejadian <i>striae</i> . Faktor lain seperti keahlian operator LASIK, kecanggihan alat, ketebalan <i>flap</i> , kelengkungan, lama operasi, dan riwayat penyakit DLK kemungkinan menjadi penyebab tidak ditemukannya <i>striae</i> . Oleh karena itu, kesimpulan dari penelitian ini adalah derajat miopia tidak berpengaruh terhadap

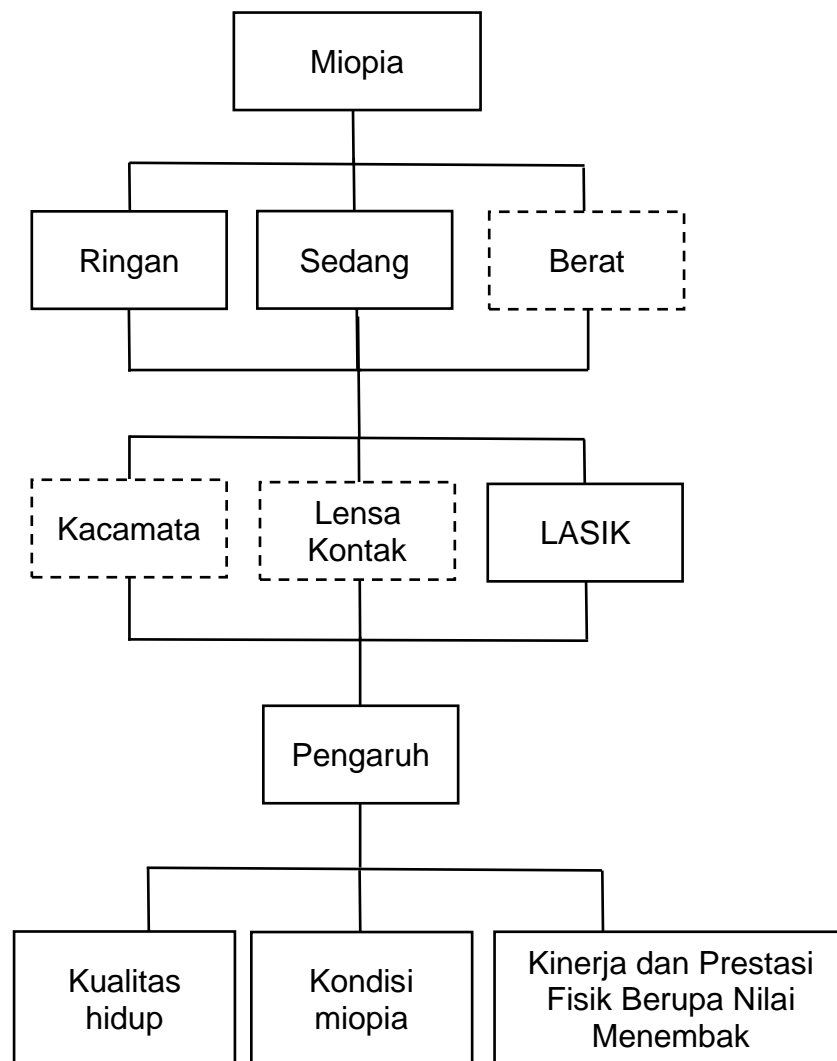
				kejadian <i>striae</i> pasca LASIK di Semarang Eye Center RSI Sultan Agung Semarang.
3	(Atmaja & Faqihurrahman Andi, 2020)	Pengaruh Teknik Pembuatan <i>Flap</i> Terhadap Kejadian Sindroma Mata Kering Pasca Lasik Studi Observasional Analitik Di Sultan Agung Eye Center Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang	<p><b>Tujuan</b> Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik pembuatan <i>flap</i> terhadap kejadian sindroma mata kering pasca LASIK.</p> <p><b>Metode</b> Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode observasional analitik dan rancangan penelitian <i>cross sectional</i> pada pasien yang menjalani bedah LASIK dengan teknik pembuatan <i>flap</i> menggunakan <i>microkeratome</i> dan <i>femtosecond laser</i>. Data diambil dari rekam medis dan dilakukan pemeriksaan <i>schirmer I test</i> tanpa anestesi untuk mengevaluasi kejadian sindroma mata kering.</p>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan dari teknik pembuatan <i>flap</i> ( <i>microkeratome</i> dan <i>femtosecond laser</i> ) terhadap kejadian sindroma mata kering pasca LASIK. Hasil uji <i>Fisher exact</i> menunjukkan nilai p sebesar 0,561 ( $p > 0,05$ ), yang menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua teknik pembuatan <i>flap</i> tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kejadian sindroma mata kering pasca LASIK.


## 2.3 Kerangka Berpikir

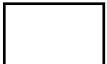
### 2.3.1 Kerangka Teori



### 2.3.2 Kerangka Konsep



 : Tidak diteliti

 : Diteliti

## **2.4 Hipotesis**

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah yaitu :

1. Hipotesis Nol ( $H_0$ ): tidak terdapat pengaruh pasca LASIK dalam hal kondisi miopia, kualitas hidup, serta kinerja dan prestasi fisik berupa nilai menembak pada kadet mahasiswa Cohort 1, 2, 3, dan 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
2. Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ): terdapat pengaruh pasca LASIK dalam kondisi miopia, kualitas hidup, serta kinerja dan prestasi fisik berupa nilai menembak pada kadet mahasiswa Cohort 1, 2, 3, dan 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.