

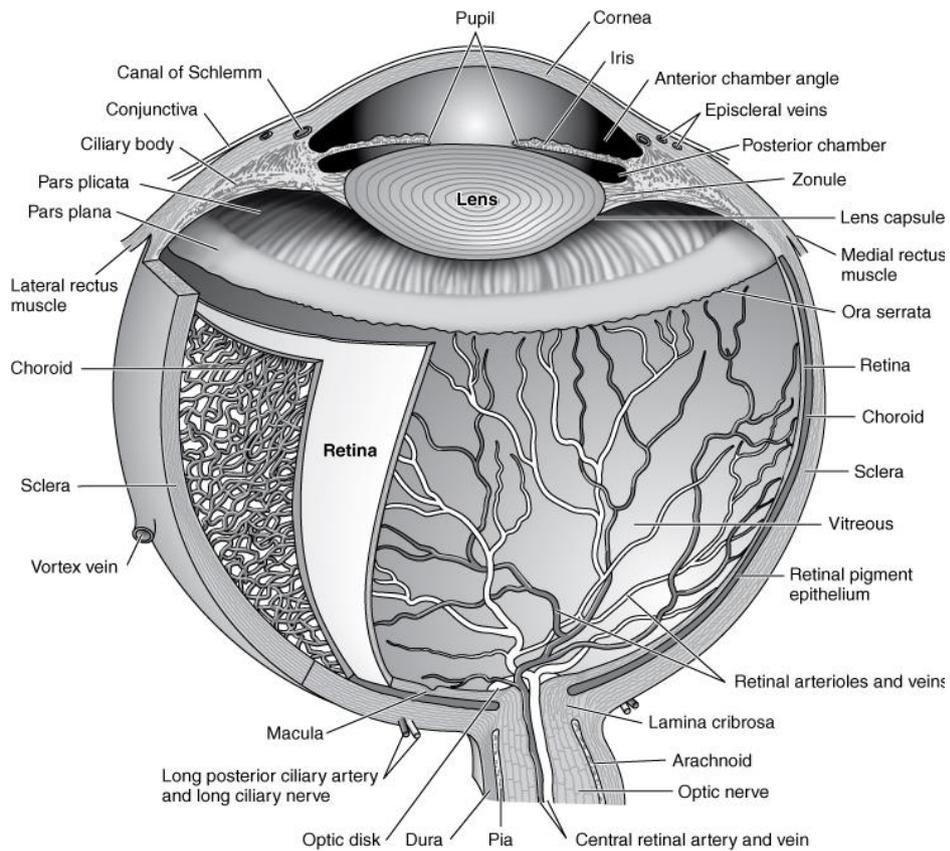
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Anatomi Mata

Mata adalah salah satu organ yang paling kompleks dalam tubuh manusia. Mata terdiri dari tiga lapisan (Willoughby *et al.*, 2010).



**Gambar 2.1. Anatomi Bola Mata** (Riordan-Eva and Witcher, 2008)

##### a. Lapisan luar

- 1) Kornea, membiaskan dan mentransmisikan cahaya ke lensa dan retina serta melindungi mata terhadap infeksi dan kerusakan

struktural pada bagian mata yang lebih dalam (Willoughby *et al.*, 2010).

- 2) Sklera, membentuk lapisan jaringan ikat yang melindungi mata yang membentuk bagian putih pada mata dan mempertahankan bentuknya (Willoughby *et al.*, 2010).

b. Lapisan tengah

- 1) Iris, mengontrol ukuran pupil yang dipengaruhi oleh banyak sedikitnya cahaya yang masuk (Willoughby *et al.*, 2010).
- 2) Badan siliaris, mengontrol kekuatan dan bentuk lensa serta tempat produksi humor aqueous (Willoughby *et al.*, 2010) terdiri dari otot siliaris dan prosesus siliaris (Ford *et al.*, 2012). Otot siliaris bertanggungjawab atas perubahan ketebalan dan kelengkungan lensa selama akomodasi. Kontraksi otot siliaris akan merelaksasikan serabut zonula yang mengalami penegangan saat penglihatan jauh dan otot siliaris ini akan menyebabkan kelengkungan lensa bertambah sehingga menambah kekuatan refraksinya (James *et al.*, 2006).
- 3) Koroid, lapisan vaskular yang menyediakan oksigen dan nutrisi bagi retina (Willoughby *et al.*, 2010).

c. Lapisan dalam

Lapisan dalam mata adalah retina, yang terdiri dari lapisan berpigmen dibagian luar dan lapisan jaringan saraf dibagian dalam.

Berfungsi untuk menangkap dan memproses cahaya (Willoughby *et al.*, 2010).

Struktur utama yang terkait dengan dinamika humor aqueous adalah badan siliaris, trabekula meshwork, dan jalur uveoskleral (Goel *et al.*, 2010).

## **2. Tekanan Intraokular**

Tekanan intraokular adalah tekanan di dalam bola mata, dimana tingkat tekanan intraokularnya tergantung pada keseimbangan antara produksi dan ekskresi humor aqueous (James *et al.*, 2005).

### **a. Fisiologi Humor Aqueous**

#### **1) Komposisi Humor Aqueous**

Humor aqueous merupakan cairan bening yang mengisi ruang anterior dan posterior mata. Komposisinya hampir sama dengan plasma, kecuali konsentrasi askorbat, piruvat dan laktat yang jauh lebih tinggi daripada plasma dan juga konsentrasi protein, urea dan glukosa yang lebih rendah daripada plasma. Volumennya kira-kira 250  $\mu\text{L}$  dan laju produksinya sekitar 2,5  $\mu\text{L}/\text{menit}$ . Tekanan osmotik nya sedikit lebih tinggi daripada plasma (John, 2008).

Humor aqueous membawa nutrien untuk kornea dan lensa. Keduanya merupakan struktur yang tidak memiliki pembuluh darah. Karena apabila terdapat pembuluh darah, maka akan mengganggu lewatnya cahaya ke fotoreseptor (Sherwood, 2014).

## 2) Pembentukan Humor Aqueous

Menurut American Academy of Ophthalmology (2014) terdapat tiga mekanisme pembentukan dan sekresi humor aqueous dalam ruang posterior, yaitu:

### a) Sekresi Aktif

Sekresi aktif atau transformasi merupakan penyumbang terbesar, sekitar 80%-90% dari total pembentukan humor aqueous (Goel *et al.*, 2010).

Mekanisme ini tidak tergantung pada tekanan osmotik atau hidrostatis tetapi membutuhkan energi untuk memindahkan zat dan melawan gradien elektrokimia (American Academy of Ophthalmology, 2014).

### b) Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi adalah pergerakan yang bergantung pada tekanan hidrostatis dan onkotik. Perbedaan tekanan hidrostatis antara kapiler dan intraokuli membantu dalam pergerakan cairan ke mata dan perbedaan gradien onkotik menghambat pergerakan humor aqueous (American Academy of Ophthalmology, 2014).

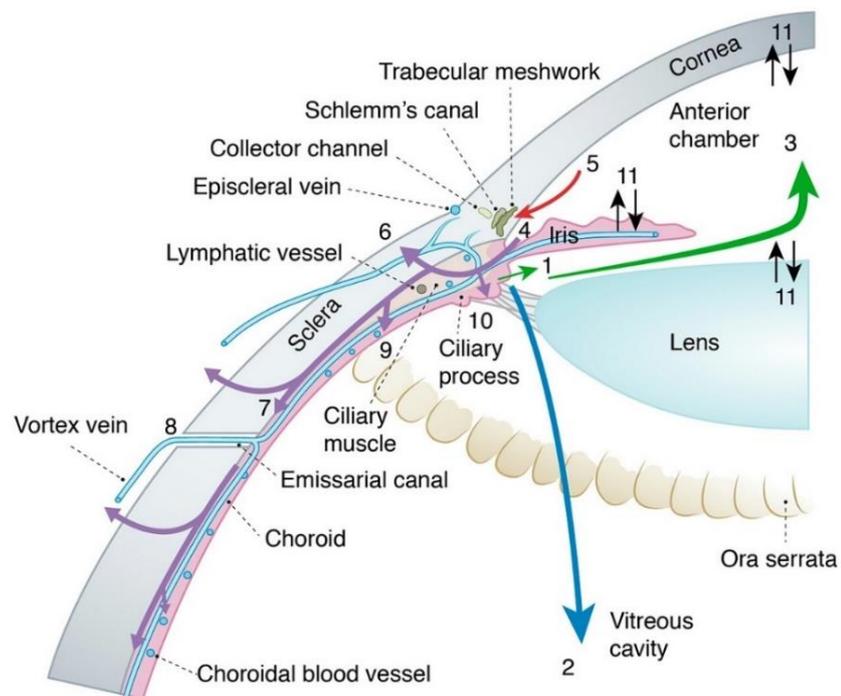
Kecepatan filtrasi dipengaruhi oleh tekanan darah pada kapiler tubulus siliaris, tekanan onkotik plasma dan tekanan intraokular (Murgatroyd and Bembridge, 2008).

### c) Difusi Sederhana

Difusi adalah pergerakan pasif dari ion melintasi membran berdasarkan perbedaan muatan dan konsentrasi (American Academy of Ophthalmology, 2014).

### 3) Aliran Humor Aqueous

Terdapat 2 jalur aliran humor aqueous yaitu jalur trabekula yang sensitif terhadap tekanan dan jalur uveoskleral yang tidak sensitif terhadap tekanan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah:



**Gambar 2.2. Aliran Humor Aqueous Normal**

Sumber: (Knepper, 2016)

#### a) Jalur Trabekula (Jalur Konvensional)

Jalur trabekula adalah jalur utama dari aliran keluar humor aqueous. Dalam jalur ini terdiri dari trabekula

meshwork, kanal schlemm, kolektor kanal schlemm dan vena aqueous (Rasmussen and Kaufman, 2014).

Jalur trabekular dimulai dari pembentukan humor aqueous yaitu badan siliaris → sistem kanal trabekula meshwork-kanal schlemm → kanal kolektor → pleksus vena episkleral → bercampur dengan darah.

#### b) Jalur Uveoskleral (Jalur Nonkonvensional)

Jalur uveoskleral bukanlah jalur yang struktural nya terdefiniskan dengan baik. Dalam jalur ini, humor aqueous masuk ke otot siliaris → ruang supraciliaris, dapat juga melewati sklera anterior atau sklera posterior → kanal emissarial di sekitar vena vorteks atau ke pembuluh koroidal. Jalur ini merupakan jalur minor dari aliran humor aqueous dan tingkat aliran pada jalur ini cenderung menurun seiring bertambahnya usia, sehingga jalur konvensional akan mengambil peran untuk aliran keluar humor aqueous (Shoeb Ahmad *et al.*, 2014).

### **b. Faktor yang Mempengaruhi Tekanan Intraokular**

#### **1) Umur**

Umumnya usia muda mempunyai tekanan yang lebih rendah dibandingkan populasi umum, sedangkan pada orang tua peningkatan tekanan ini mempunyai hubungan dengan tekanan darah yang meningkat, frekuensi nadi dan obesitas (Oriza, 2003).

## 2) Genetik

Tekanan intraokular cenderung lebih tinggi pada sejumlah keluarga penderita glaukoma (Oriza, 2003).

## 3) Ketebalan Kornea

Ketebalan kornea sentral orang dewasa adalah 550  $\mu\text{m}$  dan alat yang dapat digunakan untuk mengukur ketebalan kornea sentral adalah *pachymetry* (Riordan-Eva and Whitcher, 2008).

Menurut Abdul dan Trisnowati (2011) ketebalan kornea sentral mempunyai korelasi positif terhadap tekanan intraokular dan dapat memengaruhi akurasi semua teknik pengukuran tekanan intraokular dengan tonometer. Ketebalan kornea sentral yang lebih tebal akan menyebabkan *overestimation* dan pada yang lebih tipis akan menyebabkan *underestimation*.

Dalam penelitian Abdul dan Trisnowati (2011) uji korelasi antara variable tekanan intraokular dan rerata ketebalan kornea sentral menunjukkan korelasi positif antara keduanya. Uji korelasi yang digunakan adalah uji korelasi Spearman, dengan nilai signifikansi  $p:0,024$  dan nilai koefisiensi korelasi  $r:0,249$ .

## 4) Hipertensi

Menurut Pusat Data dan Informasi Kementrian Kesehatan RI, hipertensi atau tekanan darah tinggi adalah peningkatan tekanan darah sistolik lebih dari 140 mmHg dan tekanan darah diastolik lebih dari 90 mmHg pada dua kali pengukuran dengan

selang waktu lima menit dalam keadaan cukup istirahat atau tenang.

Kondisi hipertensi yang diakibatkan oleh perubahan *epithelial sodium* transport pada distal ginjal dan epitel bersilia yang akhirnya menyebabkan retensi natrium yang berlebihan. Perubahan *epithelial sodium* transport menyebabkan ekstrusi natrium menuju humor aqueous. Hal ini akan menyebabkan rintangan pada aliran aqueous humor sehingga terjadi penumpukan cairan yang akan menyebabkan peningkatan tekanan intraokuli dan menyebabkan hilang atau gangguan penglihatan akibat penekanan pada saraf optikus (Langman, 2005).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ringgo (2014) ada hubungan yang signifikan secara statistik antara tekanan darah dengan peningkatan tekanan intraokuli pada pasien glaukoma di RSUD. Dr. H. Abdul Moeloek dengan *p-value* 0,035 dan nilai OR=5,111 yang berarti hipertensi 5 kali lipat dapat menyebabkan faktor risiko peningkatan tekanan intraokuli pada pasien glaukoma.

##### **5) Variasi Diurnal**

Variasi diurnal merupakan perubahan keadaan tekanan intraokular setiap hari. Pada orang normal perubahan tekanan intraokular nya sekitar 2-6 mmHg, sedangkan pada orang yang

menderita glaukoma perubahan tekanan intraokular nya lebih dari 10 mmHg (American Academy of Ophthalmology, 2014).

## 6) Obat-obatan

Obat-obatan seperti inhibitor karbonik anhidrase, antagonis  $\beta$ -adrenergik agonis,  $\alpha_2$ -adrenergik dapat menurunkan tekanan intraokuler dengan cara mengurangi laju aliran humor aqueous.

### a) Inhibitor Karbonik Anhidrase

Inhibitor karbonik anhidrase dapat menurunkan produksi humor aqueous dengan cara menghambat aktivitas karbonat anhidrase pada epitel siliaris (American Academy of Ophthalmology, 2014).

### b) $\beta$ -adrenergic Antagonists

$\beta$ -adrenergic antagonists atau  $\beta$ -blocker akan menurunkan tekanan intraokular dengan menghambat produksi siklik adenosine monofosfat (cAMP) pada epitel siliaris sehingga dapat mengurangi sekresi humor aqueous sebesar 20%-50% (2,5  $\mu$ L / menit sampai 1,9  $\mu$ L / menit) (American Academy of Ophthalmology, 2014).

### c) $\beta$ -Adrenergik Agonis

Epinefrin (adrenalin) dan dipinfrin (produgs epinefrin) dapat mengurangi produksi humor aqueous dengan meningkatkan aliran keluar uvoscleral (American Academy of Ophthalmology, 2014).

d)  $\alpha$ 2-Selective Adrenergic Agonis

$\alpha$ 2-Selective adrenergik agonis menurunkan tekanan intraokular dengan cara mengurangi produksi humor aqueous (American Academy of Ophthalmology, 2014).

e) Analog Prostaglandin

Menurunkan tekanan intraokular dengan cara meningkatkan aliran keluar melalui jalur uveoskleral. Diperkirakan analog prostaglandin ini mengikat berbagai reseptor prostaglandin yaitu prostaglandin  $F2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ) yang memicu serangkaian proses yang mengarah pada mengaktifkan matriks metalloprotease yang nantinya akan berpengaruh pada badan siliaris, trabekula meshwork dan matriks ekstraseluler scleral sehingga dapat meningkatkan aliran humor aqueous secara langsung melalui jaringan ini (American Academy of Ophthalmology, 2014).

Inhibitor karbonik anhidrase,  $\beta$ -blocker atau  $\beta$ -adrenergik antagonis, analog prostaglandin,  $\beta$ -adrenergik agonis, dan agen kolinergik termasuk kedalam lima kelas obat yang dapat digunakan untuk mengobati glaukoma dengan cara menurunkan tekanan intraokular baik itu dengan meningkatkan aliran ataupun mengurangi produksi humor aqueous. (Chowdhury *et al.*, 2015).

### **7) Postur tubuh**

Tekanan intraokuler akan lebih tinggi pada posisi terlentang bila dibandingkan dengan posisi duduk. Perbedaan tersebut dapat terjadi pada orang dewasa yang sehat, individu berusia lanjut dan pada pasien glaukoma sudut terbuka yang tidak diobati. Ini dapat terjadi karena adanya tekanan vena episkleral yang meningkat (Weinreb *et al.*, 2007).

### **8) Obesitas**

Hal ini mungkin disebabkan oleh kompresi thoraks dan menahan nafas secara simultan sehingga menyebabkan peningkatan tekanan vena episkleral dan dapat menyebabkan kenaikan sementara dari tekanan intraokular (Weinreb *et al.*, 2007).

### **9) Menutup mata atau berkedip**

Menutup mata atau berkedip saat pemeriksaan TIO akan membuat hasil pengukuran meningkat dan menjadi salah satu sumber kesalahan yang penting saat pemeriksaan tekanan intraokular (Weinreb *et al.*, 2007).

## **3. Penilaian Tekanan Intraokular**

Pemeriksaan tekanan bola mata dilakukan dengan alat yang dinamakan tonometer. Pemeriksaan tekanan yang dilakukan dengan tonometer pada bola mata dinamakan tonometri (Ilyas, 2014). Ada yang

menggunakan anestesi dan ada yang tidak menggunakan anestesi. (Chauhan, 2016).

Pengukuran yang tidak tepat pada pemeriksaan tonometri dapat diakibatkan karena kekakuan sklera. Kekakuan sklera (*scleral rigidity*) merupakan tahanan sklera terhadap kemungkinan membesarnya bola mata. Kekakuan sklera dapat diketahui dengan uji kekakuan sklera dengan menggunakan tonometer Schiottz dan dapat diketahui dengan memakai tabel nomogram Friedenwals. Nilai kekakuan sklera normal adalah 0,0215 (Ilyas, 2007).

Menurut Singh (2014), penilaian tekanan intraokular terdiri dari dua metode, yaitu metode langsung dan metode tidak langsung.

#### **a. Metode Langsung**

Digunakan sebagai teknik laboratorium untuk mengukur tekanan intraokular terus-menerus pada mata cadaver manusia atau hewan percobaan. Namun metode ini mempunyai keterbatasan, yaitu bukan merupakan metode yang praktis untuk pemeriksaan rutin dan membutuhkan anestesi umum yang dapat mengubah tekanan intraokular (Singh, n.d.).

#### **b. Metode Tidak Langsung**

1) *Applanation tonometers:*

a) *Goldmann applanation tonometer (GAT)*

b) *Perkin tonometer*

c) *Drager's tonometer*

- d) *Non-contact tonometer*
- e) *Ocular response analyzer*
- f) *Tono-pen*
- 2) *Indentation tonometry*
  - a) *Schiotz tonometer*
- 3) *Rebound tonometry*
- 4) *Pascal dynamic contour tonometry*
- 5) *Non-corneal and trans-palpebral tonometry-Diaton*
- 6) *OCT tonometry*

*Goldmann applanation tonometer* (GAT) merupakan instrumen yang ditetapkan sebagai instrumen standar dalam pemeriksaan tekanan intraokular (Maheshwari *et al.*, 2012).

Alat yang digunakan untuk penilaian tekanan intraokular dalam penelitian ini yaitu tonometer nonkontak dan tonometer Schiotz.

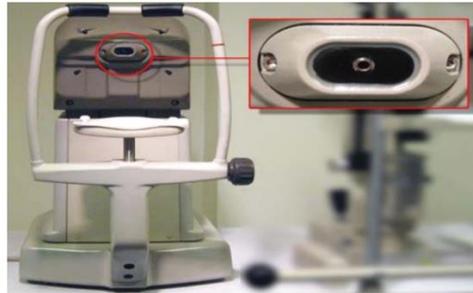
#### **a. Tonometer Nonkontak**



**Gambar 2.3. Posisi Pasien dan Pemeriksa**

Tonometer nonkontak merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tekanan intraokular dengan cara menghembuskan udara ke

kornea sehingga menghindari kontak dengan mata. Untuk merawat tonometer ini dapat menggunakan deterjen ringan untuk bagian yang berbahan plastik dan untuk sensornya dapat menggunakan kain pembersih yang halus (Maheshwari *et al.*, 2012).



**Gambar 2.4. Sensor Tonometer  
Nonkontak**



**Gambar 2.5. Layar  
Tonometer Nonkontak**

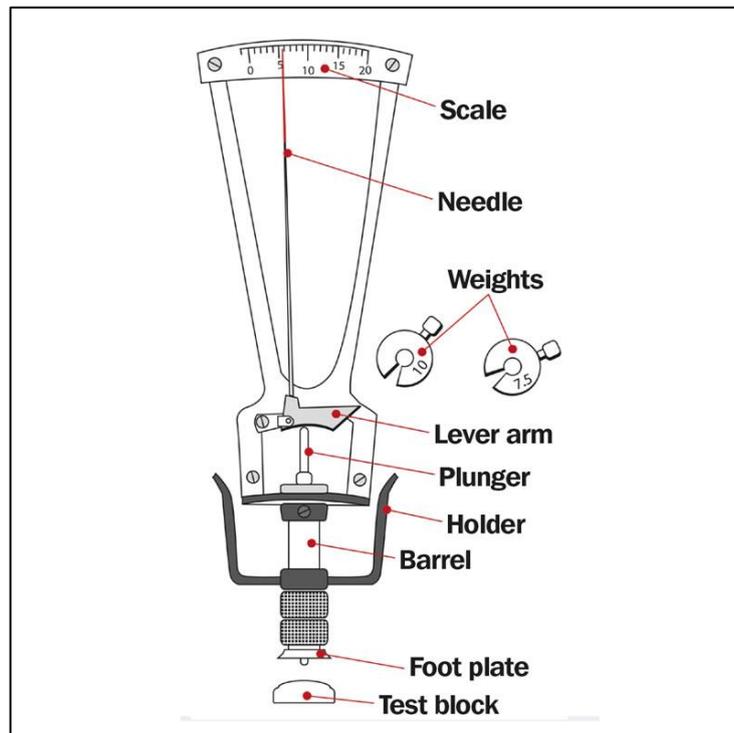
Sumber: (Willoughby *et al.*, 2010)

Menurut Paul (2006) prosedur dalam melakukan pengukuran tekanan intraokular menggunakan tonometer non kontak yaitu tonometer non kontak disejajarkan dengan kornea mata dengan posisi duduk dan dagu diletakkan pada penopang. Udara ditiupkan pada mata dalam waktu singkat dan tonometer akan mencatat tekanan intraokularnya.

#### **b. Tonometer Shiotz**

Menurut Ismael Cordero (2014), tonometer Schiotz merupakan tonometer yang tidak membuat pengukuran yang tepat seperti tonometer lainnya. Tapi tonometer ini adalah tonometer yang *mobile* (mudah dibawa-bawa), tahan lama, mudah digunakan,

harganya murah, tidak mengandung unsur elektronik, tidak membutuhkan baterai, dan hanya memerlukan sedikit perawatan.



**Gambar 2.6. Schiotz Tonometer**

Sumber: (Cordero, 2014)

Teknik pemeriksaan tonometer Schiotz yaitu pasien dalam posisi terlentang dan kornea diberi anestesi. Tonometer diposisikan pada posisi yang memungkinkan gerakan vertikal dari *plunger*. Bila tonometer diposisikan dengan benar, gerakan jarum indikator dapat diamati dengan baik. Pemberian beban dimulai dengan beban 5,5 g. Apabila skala yang terbaca kurang dari 4, maka beban ditambah. Kemudian hasil pembacaan skala tersebut dikonversikan dalam tabel sesuai dengan beban yang diberikan (Maheshwari *et al.*, 2012).

Anestesi topikal yang dapat digunakan yaitu tetes mata seperti *proparacaine*, *tetracaine*, dan *benoxinate* yang memiliki onset cepat, dan merupakan anestesi topikal *short-acting* pada kornea dan konjungtiva. Tapi anestesi topikal ini tidak boleh diresepkan untuk penggunaan dirumah, karena penggunaan yang berkepanjangan dapat menyebabkan komplikasi kornea dan dapat menutupi atau membuat bias penyakit mata yang serius (Riordan-Eva and Witcher, 2008).

1) *Proparacaine Hydrochloride* (Ophaine)

Terdiri dari larutan 0,5%, dosis yang digunakan yaitu satu tetes dan dapat diberikan lagi jika perlu. Onset nya dimulai dalam 20 detik dengan durasi 10-15 menit (Allan and Frederick, 2008).

2) *Tetracaine Hydrochloride* (Pontocaine)

Terdiri dari larutan 0,5% dan salep (ointment) 0,5%, dosis yang digunakan yaitu satu tetes dan dapat diberikan lagi jika perlu. Onset nya dimulai dalam satu menit dengan durasi 15-20 menit (Allan and Frederick, 2008).

3) *Benoxinate Hydrochloride*

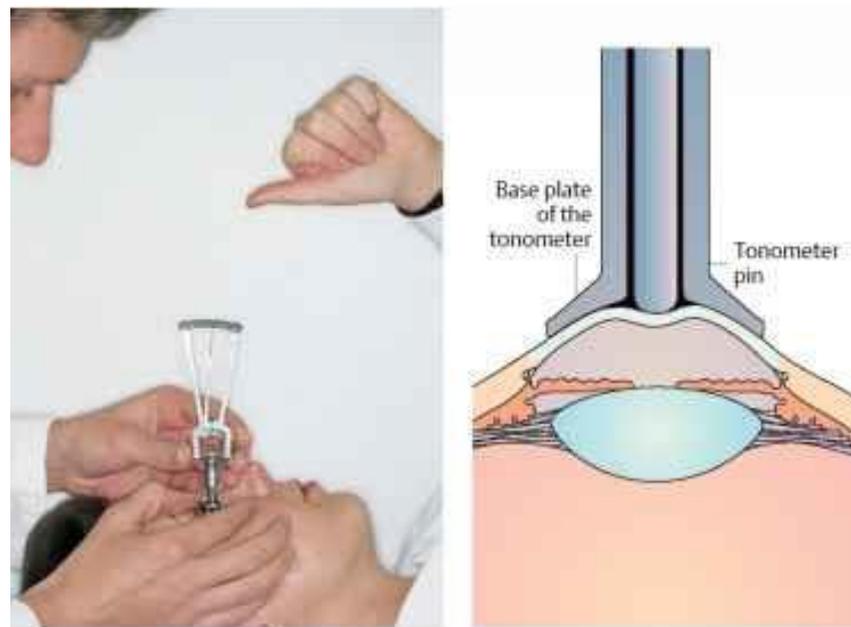
Terdiri dari larutan 0,4%, dosis yang digunakan yaitu satu tetes dan dapat diberikan lagi jika perlu. Onset nya dimulai dalam 1-2 menit dengan durasi 10-15 menit (Allan and Frederick, 2008)

Efek samping dari penggunaan anestesi topikal diatas yaitu reaksi alergi, reaksi anafilaksis, kejang, pingsan, hipotensi dan sinkop (Allan and Frederick, 2008).

Menurut Ponka and Baddar (2014) prosedur dalam melakukan pengukuran tekanan intraokular menggunakan tonometer Schiötz yaitu:

- 1) Pasien diposisikan terlentang, mata terbuka dan di fiksasi agar tidak berkedip. Pegang tonometer pada bagian *holder* dengan satu tangan yaitu ibu jari dan jari tengah tangan lainnya. Pastikan *footplate* tonometer terpusatkan diatas kornea, kemudian turunkan tonometer dengan hati-hati sampai menyentuh kornea. Tonometer harus tegak lurus terhadap kornea dalam posisi vertikal. Hindari mengistirahatkan jari tangan saat tonometer sudah menyentuh bola mata, karena dapat meningkatkan tekanan intraokular (Ponka and Baddar, 2014).
- 2) Perhatikan skala pembacaan. Untuk hasil kurang dari 4, lakukan pembacaan yang lain untuk mengkonfirmasi kenaikan TIO (semakin rendah yang terbaca, maka semakin tinggi TIO) (Ponka and Baddar, 2014).
- 3) Dengan menggunakan tabel konversi, hitung skala pembacaan dalam mmHg. Jika hasilnya  $>20$  mmHg, maka rujuk pasien ke dokter mata (Ponka and Baddar, 2014).
- 4) Beritahu pasien untuk tidak menggosok atau menyentuh mata setelah pemeriksaan, karena dapat menyebabkan abrasi kornea (Ponka and Baddar, 2014).

- 5) Bersihkan tonometer dengan hati-hati sesuai dengan instruksi perawatan yang terdapat pada kit tonometer Schiottz (Ponka and Baddar, 2014).



**Gambar. 2.7. Penempatan Tonometer Schiottz**

Gambar menunjukkan penempatan tonometer Schiottz pada kornea yang telah diberi anestesi. Pemeriksa menarik kelopak mata pasien dan pasien memusatkan perhatian pada jempol pasien. Semakin keras bola mata maka gerakan jarum indikator akan semakin kecil.

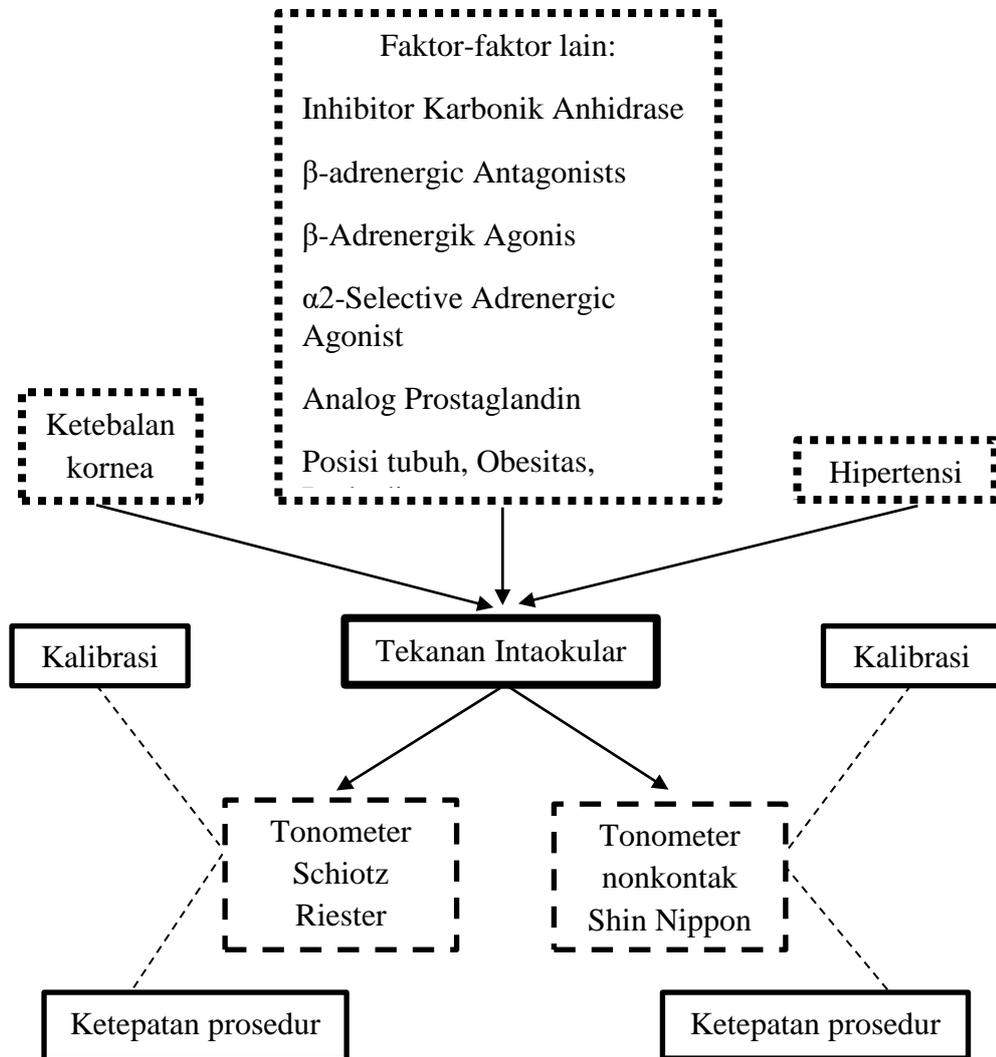
Perubahan skala tonometer Schiottz akan terlihat apabila terdapat suatu beban tertentu yang dapat memberikan kecekungan pada kornea. Makin rendah tekanan intraokular makin mudah bola mata ditekan, dan pada skala nya akan terlihat angka skala yang lebih besar. Dan berlaku sebaliknya (Ilyas, 2013).

Pemeriksaan tekanan intraokular dengan menggunakan tonometer Schiottz sebaiknya dilakukan dengan hati-hati, karena dapat mengakibatkan lecetnya kornea sehingga dapat mengakibatkan keratitis dan erosi kornea (Ilyas, 2013).

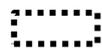
#### **4. Kontrol Infeksi pada Tonometer Klinis**

Banyak agen infeksius, termasuk virus yang bertanggungjawab atas *acquired immunodeficiency syndrome*, hepatitis, dan epidemi keratokonjungtivitis yang dapat terdapat dalam air mata. Oleh sebab itu, tonometer harus dibersihkan setelah digunakan untuk mencegah transfer agen tersebut. Dapat menggunakan 3% hidrogen peroksida atau 70% alkohol isopropil (American Academy of Ophthalmology, 2014; Weinreb *et al.*, 2007).

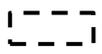
## B. Kerangka Teori



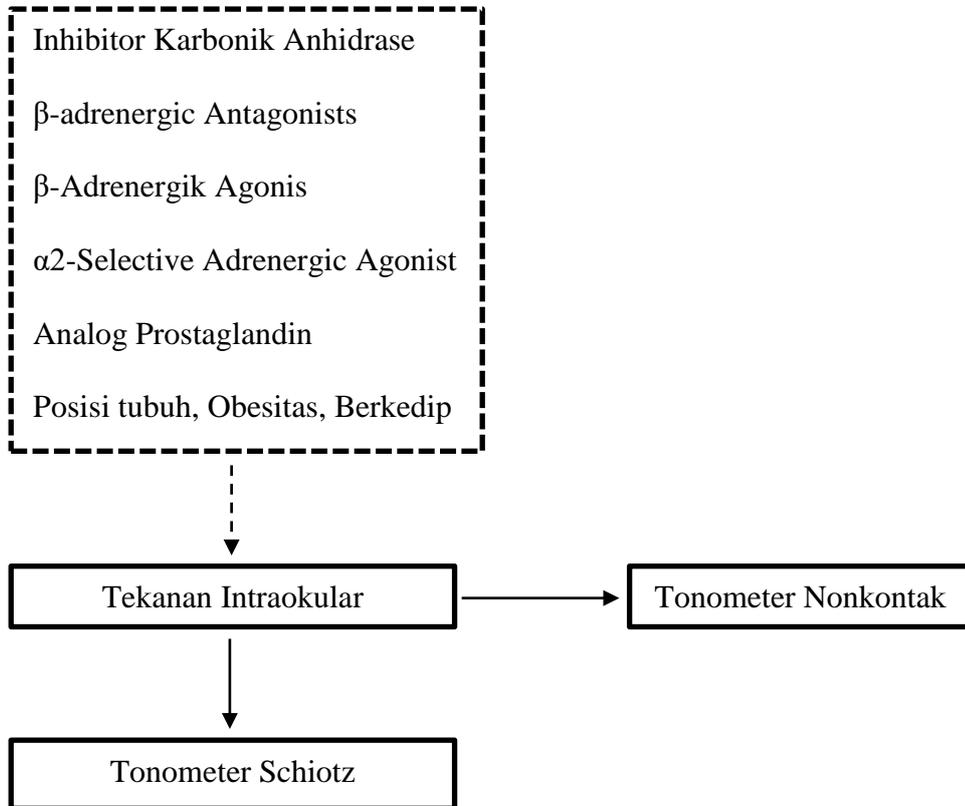
### Keterangan:

 : faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan intaokular

 : yang diperiksa

 : alat yang digunakan untuk memeriksa tekanan intraocular

### C. Kerangka Konsep



#### Keterangan :

- : Faktor yang mempengaruhi (tidak diteliti)
- : Variabel terikat
- $\longrightarrow$  : Instrumen pengukuran tekanan intraokular

### D. Hipotesis

Berdasarkan uraian diatas maka hipotesis dari penelitian ini adalah: tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari hasil pengukuran tekanan intraokular dengan menggunakan tonometer Schiottz dan tonometer nonkontak.