

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Glaukoma

2.1.1 Definisi Glaukoma

Glaukoma adalah penyakit mata yang ditandai oleh pencekungan (*cupping*) diskus optikus dan penyempitan lapang pandang yang khas; biasanya disertai peningkatan tekanan intraokuler.²⁷

Tekanan intraokuler (TIO) yang tinggi merupakan faktor resiko perkembangan glaukoma. Rata-rata TIO yang normal adalah 15,5 mmHg dengan rentang antara 10-21 mmHg.^{28,29} TIO yang tinggi berangsur-angsur mengakibatkan kerusakan pada serabut retina saraf optik. Kerusakan ini bisa berujung pada hilangnya penglihatan yang bersifat permanen.³⁰

2.1.2 Patofisiologi glaukoma

Mekanisme utama penurunan penglihatan pada glaukoma adalah apoptosis sel ganglion retina yang menyebabkan penipisan lapisan serat saraf dan lapisan inti-dalam retina serta berkurangnya akson di saraf optik. Diskus optikus menjadi atrofik, disertai pembesaran cawan optik.²⁷

Efek peningkatan TIO dipengaruhi oleh perjalanan waktu dan besar peningkatan TIO. Pada glaukoma sudut tertutup akut, TIO dapat mencapai 60-80 mmHg, menimbulkan kerusakan iskemik akut pada iris yang disertai edema kornea dan kerusakan saraf optik. Pada glaukoma sudut terbuka primer, TIO biasanya tidak

meningkat lebih dari 30 mmHg dan kerusakan sel ganglion terjadi setelah waktu yang lama, seringkali setelah beberapa tahun. Pada glaukoma tekanan normal, sel-sel ganglion retina mungkin rentan mengalami kerusakan akibat TIO dalam kisaran normal, atau mekanisme kerusakannya yang utama kemungkinan iskemia caput nervi optici.²⁷

2.1.3 Klasifikasi Glaukoma

Klasifikasi glaukoma menurut Vaughan adalah sebagai berikut :

1. Glaukoma Primer

A. Glaukoma primer sudut terbuka

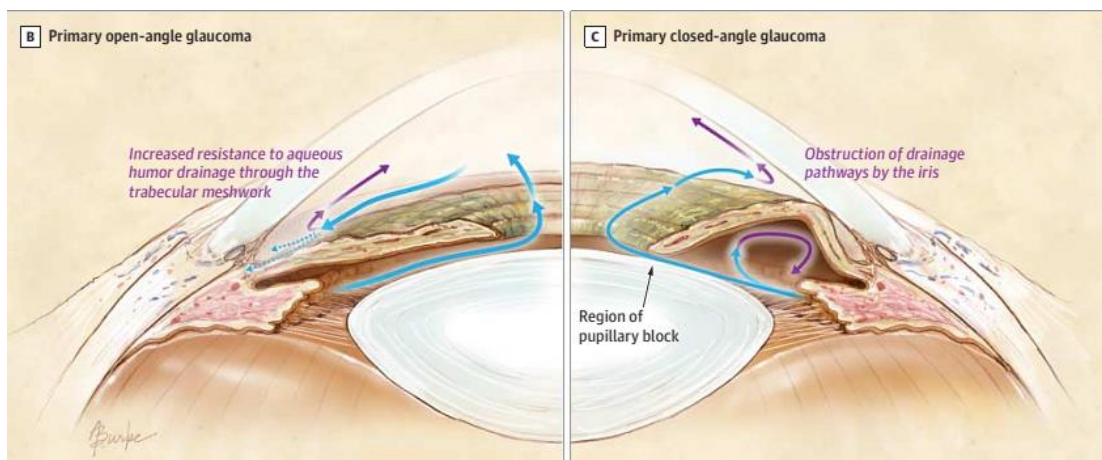
Sering disebut sebagai glaukoma simpleks atau glaukoma kronik. Glaukoma ini paling sering terjadi pada ras Amerika dan Afrika. Biasanya terjadi pada usia diatas 40 tahun. Pada glaukoma primer sudut terbuka, terdapat kecenderungan risiko lebih besar pada pasien yang memiliki riwayat keluarga pengidap glaukoma khususnya pada kerabat tingkat pertama, serta penyakit sistemik seperti diabetes melitus, dan hipertensi.^{9,31} Perjalanan penyakit seringkali asimtomatik dan baru terdeteksi ketika sudah memasuki stadium lanjut. Keluhan pasien berupa “*Tunnel vision*” (penglihatan seperti terowongan) saat penyakit berlanjut ke stadium akhir.³²

Gambaran patologik pada glaukoma primer sudut terbuka adalah adanya proses degeneratif anyaman trabekular, termasuk pengendapan materi ekstrasel di dalam anyaman dan di bawah lapisan kanal Schlemm. Akibatnya adalah penurunan drainase *aqueous humor* yang menyebabkan peningkatan TIO.²⁷

B. Glaukoma primer sudut tertutup

Glaukoma yang sering ditemukan pada ras Cina, Asia Tenggara, dan Eskimo, dengan angka kejadian wanita berbanding pria 4 : 1.²⁸ Glaukoma primer sudut tertutup terjadi pada mata dengan predisposisi anatomis tanpa disertai kelainan lain.²⁷ Peningkatan TIO terjadi karena sumbatan aliran keluar *aqueous humor* akibat adanya oklusi anyaman trabekular oleh iris perifer. Glaukoma ini juga ditemukan pada bola mata yang bersumbu pendek, fisiologik mempunyai lensa yang lebih cembung (ketebalan bertambah).^{9,33}

Gejala yang ditimbulkan diantaranya nyeri (periokuler), mata merah, penglihatan kabur, fotofobia, dan halo di sekitar cahaya. Gejala sistemik berupa nyeri kepala, mual, muntah, nyeri abdomen. Glaukoma primer sudut tertutup dapat bermanifestasi sebagai kedaruratan oftalmologik dimana tajam penglihatan turun mendadak pada serangan akut atau asimtomatik sampai timbul penurunan penglihatan.⁹



Gambar 1. Glaukoma primer sudut terbuka dan sudut tertutup.⁹

2. Glaukoma Sekunder

Tanda dan gejala pada glaukoma sekunder sesuai dengan penyakit yang mendasarinya. Glaukoma sekunder dapat terjadi pada uveitis, hifema, pasca bedah katarak intrakapsuler atau ekstrakapsuler, dan trauma perforasi kornea. Terapi pada glaukoma sekunder selain menurunkan TIO adalah dengan mengatasi penyakit yang mendasari.³²

3. Glaukoma Kongenital

Kelainan ini dapat terjadi akibat terdapatnya membran kongenital yang menutupi sudut bilik mata saat perkembangan bola mata, kelainan pembentukan kanal Schlemm, dan tidak sempurnanya pembentukan pembuluh darah balik yang menampung cairan bilik mata ke luar. Gejala klasik yang ditimbulkan adalah fotofobia, epifora, edema kornea, serta sklera perikorneal menipis sehingga tampak berwarna biru.³²

2.1.4 Diagnosis Glaukoma

Anamnesis pada pasien glaukoma meliputi gejala (nyeri, kemerahan, halo, perubahan penglihatan, hilangnya penglihatan), onset, durasi, dan tingkat keparahan yang dirasakan pasien serta riwayat keluarga dan riwayat penyakit lain seperti diabetes, hiperkolesterolemia, gangguan tiroid, hipertensi, syok hemodinamik, dan hipotensi sistemik. Selain itu perlu diketahui riwayat pengobatan seperti kortikosteroid, riwayat pembedahan, dan alergi pada pasien.⁹

Pemeriksaan klinis yang dapat dilakukan untuk menegakkan diagnosis glaukoma, diantaranya :

1. Tonometri

Tonometri adalah pengukuran tekanan intraokuler. Rentang TIO normal adalah 10-21 mmHg. Pada glaukoma sudut terbuka primer, 32-50% individu yang terkena akan memperlihatkan TIO yang normal saat pemeriksaan pertama. Untuk menegakkan diagnosis, diperlukan pemeriksaan diskus optikus dan lapang pandang. Apabila TIO terus menerus meninggi sementara diskus optikus dan lapang pandang normal (hipertensi okular), pasien diobservasi secara berkala sebagai suspek glaukoma.²⁷

2. Pemeriksaan diskus optikus

Atrofi optikus akibat glaukoma menimbulkan kelainan diskus khas yang ditandai oleh berkurangnya substansi diskus yang terdeteksi sebagai pembesaran cawan (*cupping*) diskus optikus disertai dengan pemucatan diskus di daerah cawan. Diskus optikus dapat diperiksa menggunakan oftalmoskop langsung atau dengan menggunakan lensa 78 dioptri atau lensa kontak kornea khusus yang memberi gambaran tiga dimensi.²⁷

3. Pemeriksaan lapang pandang

Pemeriksaan ini menggunakan perimeter untuk menilai adanya pulau-pulau lapang pandang yang menghilang (skotoma). Defek klasik lapang pandang pada glaukoma adalah skotoma arkuata.³⁴

4. Gonioskopi

Pemeriksaan mata untuk menilai sudut kamera okuli anterior dengan menggunakan goniolens. Sudut dinilai dari derajat 0 yang berarti sudut tertutup hingga derajat 4 dinyatakan sudut terbuka.³⁵

2.1.5 Terapi Glaukoma

Terapi glaukoma diberikan untuk mempertahankan penglihatan pasien. Tujuan terapi ini adalah mencegah progresi *cupping* diskus optikus atau defek lapang pandang dengan mengontrol TIO.⁹ Studi menunjukkan setiap 1 mmHg penurunan TIO, kerusakan lapang pandang berkurang 10%.¹² Terapi glaukoma disesuaikan dengan kondisi dan jenis glaukoma tiap pasien.³⁶ Terapi medikamentosa merupakan lini pertama pengobatan glaukoma. Golongan β -adrenergik antagonis dan golongan α -2 adrenergik agonis berperan dalam supresi produksi *aqueous humor*. Obat parasimpatomimetik seperti pilocarpin dan carbachol berperan dalam memfasilitasi aliran keluar *aqueous humor*. Selain terapi medikamentosa, terdapat terapi laser dan operatif yang dapat dilakukan diantaranya *laser trabeculoplasty* dan trabekulektomi untuk glaukoma sudut terbuka, iridotomi atau iridektomi perifer untuk glaukoma sudut tertutup. Prosedur lain untuk menurunkan TIO adalah implan drainase, ablasi korpus siliaris, dan *cyclodialysis*. Pengukuran TIO secara berkala penting untuk melihat keberhasilan terapi sehingga dapat diketahui apakah terapi yang diberikan tepat atau tidak.⁹

2.2 Tekanan Intraokuler

2.2.1 Nilai Tekanan Intraokuler

Tekanan intraokuler berfungsi untuk mempertahankan bentuk bola mata dan fungsi penglihatan. Tekanan intraokuler yang meningkat tidak terkontrol berhubungan dengan kerusakan sel ganglion dan saraf optik. Kerusakan ini menyebabkan hilangnya penglihatan yang ireversibel.¹³ Nilai TIO normal rata-rata adalah 15,5 mmHg dengan standar deviasi sebesar 2.6 mmHg.⁵ Tekanan intraokuler sebesar 21 mmHg dijadikan sebagai batas tekanan dikatakan normal atau abnormal untuk mengetahui indikasi pasien diberikan terapi penurun tekanan. Meskipun demikian, terdapat asumsi yang kurang tepat jika dikatakan kerusakan glaukoma pasti disebabkan oleh TIO yang lebih tinggi dari normal, karena dalam klinisnya beberapa orang mengalami kerusakan saraf optik dengan kondisi TIO 18 mmHg, dan beberapa orang yang lain dapat mentoleransi TIO hingga 30 mmHg.^{28,37} Hampir mendekati 50% pasien glaukoma merupakan pasien *normal tension glaucoma* dan menunjukkan nilai TIO < 21 mmHg pada pemeriksaan pertama. Oleh karena itu, sebenarnya tidak ada batasan yang jelas ketika TIO dikatakan normal atau abnormal. Namun, TIO tetap menjadi faktor risiko penting terjadinya glaukoma yang dapat dimodifikasi.⁵

2.2.2 Fisiologi Tekanan Intraokuler

Tekanan intraokuler diatur oleh dinamika *aqueous humor*. Dinamika *aqueous humor* berawal dari produksinya oleh processus siliaris di kamera okuli posterior, mengalir melalui pupil ke kamera okuli anterior, melewati *trabecular meshwork* dan

sudut iridokornealis, hingga akhirnya pengeluaran cairan ke sistem drainase vena. Sebagian *aqueous humor* juga keluar dari ruang intraokuler melalui jalur uveoscleral, yakni melalui iris perifer dan otot siliaris yang diteruskan ke ruang suprakoroidal dan sklera. Persamaan Goldmann menjelaskan hubungan antar faktor yang bekerja terhadap TIO. Persamaan Goldmann tersebut adalah sebagai berikut :²⁸

$$P_0 = \left(\frac{F}{C}\right) + P_v$$

P_0 = Tekanan intraokuler (mmHg)

F = Laju produksi *aqueous humor* ($\mu\text{L}/\text{menit}$)

C = Aliran *aqueous humor* ($\mu\text{L}/\text{menit}/\text{mmHg}$)

P_v = Tekanan vena episklera (mmHg)

Dari rumus tersebut, faktor yang bekerja pada TIO adalah produksi *aqueous humor*, aliran *aqueous humor*, dan tekanan vena episklera.

1. Produksi *aqueous humor*

Aqueous humor adalah cairan jernih yang mengisi kamera okuli anterior dan posterior. Volumennya sekitar 250 μL dengan kecepatan pembentukan 2,0-2,5 $\mu\text{L}/\text{menit}$.^{29,37,38} Tekanan osmotiknya sedikit lebih tinggi dibandingkan plasma. Komposisi *aqueous humor* serupa dengan plasma, kecuali bahwa cairan ini memiliki konsentrasi askorbat, piruvat, dan laktat yang lebih tinggi; protein, urea, dan glukosa yang lebih rendah. Komposisinya berubah-ubah seiring alirannya dari kamera okuli posterior, melewati pupil, hingga ke kamera okuli anterior.²⁷

Aqueous humor diproduksi oleh processus siliaris dengan susunan epitel *double layer* yang kaya akan kapiler. Epitel eksterna merupakan epitel berpigmen sedangkan epitel interna tidak berpigmen. Epitel interna yang menonjol pada kamera okuli posterior ini merupakan tempat utama produksi *aqueous humor*. Processus siliaris memiliki area permukaan yang luas sebagai fungsi sekresi. Produksi *aqueous humor* dan sekresinya di kamera okuli posterior melalui proses :²⁸

a. Transpor aktif

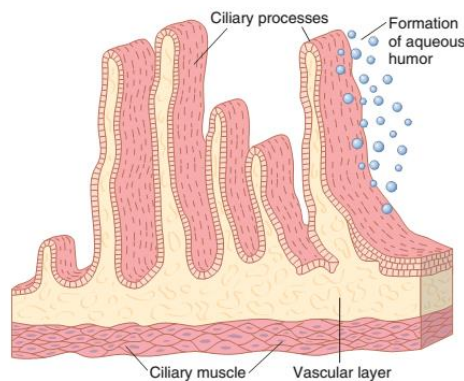
Transpor membran sel yang bersifat melawan konsentrasi gradien. Dalam aktivitasnya transpor ini memerlukan energi adenosin trifosfat (ATP). Sekresi dimulai dengan transpor aktif ion natrium ke dalam ruangan di antara sel – sel epitel. Ion natrium kemudian menarik ion klorida dan bikarbonat, dan bersama-sama mempertahankan sifat netralis listrik. Kemudian semua ion ini menyebabkan osmosis air dari kapiler darah yang terletak di bawahnya ke dalam ruang interseluler epitel siliaris, dan larutan yang dihasilkan membersihkan ruangan processus siliaris sampai ke kamera okuli anterior mata.²⁹

b. Ultrafiltrasi

Proses dimana cairan dan bahan terlarut melewati membran semipermeabel. Setiap menitnya kurang lebih 150 ml darah mengalir melalui kapiler processus siliaris. Selama darah melewati kapiler processus siliaris, sekitar 4% filter plasma mengalami penetrasi dalam dinding kapiler ke dalam rongga interstisial antara kapiler dan epitel siliaris.²⁹

c. Difusi sederhana

Pergerakan pasif ion-ion melewati membrane sel yang bergantung pada konsentrasi. Terjadi pertukaran difusi dengan jaringan di sekitarnya, sehingga *aqueous humor* pada kamera okuli anterior lebih menyerupai plasma dibandingkan dengan *aqueous humor* pada kamera okuli posterior.²⁹



Gambar 2. Processus siliaris.²⁹

2. Aliran *aqueous humor*

Setelah diproduksi processus siliaris, *aqueous humor* mengalir dari kamera okuli posterior, melewati pupil ke kamera okuli anterior, dan keluar ke aliran sistem vena dengan mekanisme *Trabecular outflow* dan *Uveoscleral outflow*.

a. *Trabecular outflow*

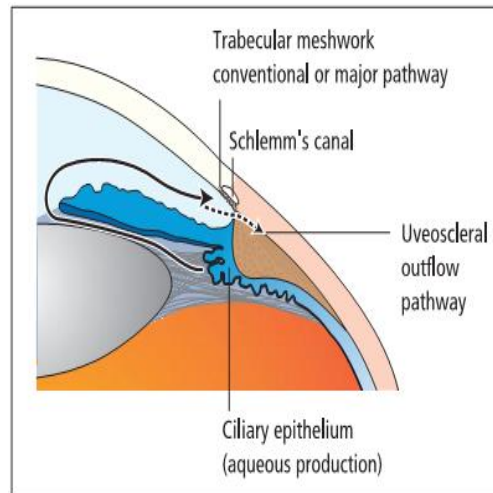
Merupakan aliran *aqueous humor* utama, dimana *aqueous humor* dialirkan dari sudut kamera okuli anterior, ke trabecular meshwork, kemudian ke kanal Schlemm menuju vena episklera. Kontraksi musculus siliaris melalui insersinya ke dalam *trabecular meshwork* memperbesar ukuran pori-pori *trabecular meshwork* sehingga kecepatan drainase *aqueous humor* meningkat.²⁷

b. Uveoscleral outflow

Aqueous humor mengalir dari kamera okuli anterior menuju musculus siliaris dan diteruskan ke ruang suprasiliaris dan suprakoroidal. Cairan ini kemudian keluar melalui sklera. Diperkirakan 5-15% aqueous humor keluar melewati rute ini.³⁹ Aliran akan meningkat pada penggunaan sikloplegik dan obat-obatan adrenergik, analog prostaglandin serta operasi seperti *cyclodialysis* dan menurun pada penggunaan miotikum.²⁸

3. Tekanan vena episklera

Tekanan vena episklera relatif stabil, kecuali apabila terdapat perubahan secara tiba-tiba pada posisi tubuh, dan beberapa penyakit orbita, kepala, dan leher yang mengakibatkan obstruksi aliran balik vena ke jantung atau menghalangi aliran dari arteri ke sistem vena. Biasanya nilai tekanan vena episklera sekitar 8-10 mmHg. Peningkatan tekanan vena episklera dapat menyebabkan collapse dari kanal Schlemm dan meningkatkan resistensi aliran aqueous humor sehingga terjadi peningkatan TIO. Keadaan ini seringkali ditemukan pada sindroma hemangioma facialis (Sturge-Weber) dan pada *thyroid eye disease*.²⁸



Gambar 3. Drainase *aqueous humor*.⁴⁰

2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Tekanan Intraokuler

Beberapa faktor yang mempengaruhi tekanan intraokuler antara lain:

1. Usia

Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan aliran keluar aqueous humor. Dari segi histologi terdapat perubahan pada jaringan trabekula, termasuk penebalan dan penggabungan lapisan trabekula, degenerasi kolagen dan elastisitas fibril, hilangnya sel-sel endotel, hiperpigmentasi sel-sel endotel, akumulasi organel intraseluler, perubahan matriks ekstraseluler dan berkurangnya jumlah vakuola raksasa.⁴¹

2. Genetik

Seseorang dengan riwayat keluarga menderita glaukoma khususnya pada keturunan tingkat pertama berisiko tinggi mengalami glaukoma.⁴²

3. Jenis kelamin

Umumnya wanita usia mempunyai TIO yang relatif lebih tinggi dibandingkan pria dikarenakan perbedaan biometri antara wanita dan pria. Wanita memiliki *axial length* yang lebih pendek dan kamera okuli anterior lebih dangkal dari pria.²⁸ Pada wanita hamil, tekanan intraokuler menurun karena perubahan kadar progesteron dan relaxin yang meningkatkan aliran keluar *aqueous humor* dengan mengurangi rigiditas korneosklera.⁴¹

4. Hormonal

Selain hormon seks, vasopresin, tiroksin, insulin, glukokortikoid, dan mineralokortikoid juga dapat mempengaruhi regulasi fisiologis tekanan intraokuler. Kadar hormon dalam serum dapat mengakibatkan perubahan karakteristik jaringan okuler. *Thyroid eye disease* dapat mempengaruhi TIO dengan meningkatkan tekanan vena episklera. Masalah mata yang timbul dapat ditemukan pada pasien dengan kondisi hipotiroid, eutiroid atau hipertiroid.^{28,43}

5. Variasi diurnal

Pada keadaan normal, tekanan intraokuler bervariasi antara 2-6 mmHg selama 24 jam sebagai hasil dari produksi *aqueous humor* dan pergantian alirannya. Tekanan intraokuler yang tinggi berkaitan dengan fluktuasi yang tinggi. Fluktuasi variasi diurnal yang lebih besar dari 10 mmHg menandakan indikasi glaukoma. Keadaan TIO tertinggi pada tiap individu beragam, namun sebagian besar individu mengalami

puncak TIO pada pagi hari. Pada hipotensi sistemik, terutama saat tidur, perfusi saraf optik turun sehingga dapat mengakibatkan gangguan hingga kerusakan saraf optik.²⁸

6. Olahraga

Aktivitas olahraga ringan dapat menurunkan tekanan intraokuler sementara hingga 2-5 mmHg. Penurunan TIO terjadi karena peningkatan aliran keluar *aqueous humor*. Studi menunjukkan adanya penurunan TIO pada pasien glaukoma yang melakukan latihan aerobik selama 3-6 bulan. Namun, tekanan intraokuler akan kembali ke keadaan semula setelah 3-5 minggu berhenti olahraga.⁴⁴

7. Inflamasi dan trauma

Pada peradangan mata akut, sel darah putih dan debris jaringan dapat memblokir ruang trabekular dan menyebabkan peningkatan tekanan intraokuler yang akut. Dalam kondisi kronis, terutama pada orang tua, aliran *aqueous humor* terganggu akibat oklusi fibrosa pada ruang trabecular sehingga terjadi peningkatan TIO.²⁹

8. Obat-obatan

Carbonic anhydrase inhibitor, β -adrenergik antagonis, dan α -2 adrenergik agonis menurunkan produksi *aqueous humor*. Pilocarpin dan obat kolinergik meningkatkan aliran *aqueous humor*. Epinefrin, dipivefrin, agonis β -adrenergik meningkatkan aliran *aqueous humor*. Prostaglandin meningkatkan aliran keluar *aqueous humor*. Terapi kortikosteroid yang berkepanjangan dapat meningkatkan TIO dan berpotensi menyebabkan neuropati glaukomatosa. Obat antihipertensi dan

anestesi umum menyebabkan produksi *aqueous humor* berkurang sehingga TIO turun.²⁸

9. Posisi tubuh

Perubahan posisi tubuh dapat mempengaruhi TIO. Ketika individu normal melakukan gerakan dari duduk kemudian posisi supinasi (tidur) TIO naik sebanyak 6 mmHg. Kenaikan ini bisa lebih tinggi pada penderita glaukoma.⁴⁵

2.2.4 Pemeriksaan Tekanan Intraokuler

Teknik pengukuran TIO didasarkan pada respon bola mata terhadap tekanan tertentu. Teknik yang digunakan dalam klinis diantaranya teknik digital, teknik applanasi, dan teknik indentasi.³⁵

1) Teknik digital

Teknik ini merupakan teknik paling sederhana dan murah karena pelaksanaannya tanpa alat. Namun, hasil pengukuran bersifat subjektif berdasarkan palpasi jari telunjuk pemeriksa pada bola mata. Pemeriksa memperkirakan sendiri apakah TIO normal atau tidak. Sehingga hasilnya kurang dapat dipercaya.³⁵

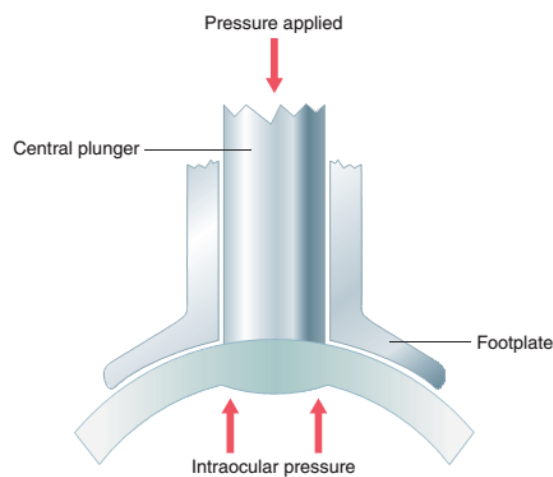
2) Teknik applanasi

Tonometer applanasi menggunakan hukum Imbert-Fick dengan rumus $P=F/A$, dimana besar TIO sama dengan jumlah energi yang digunakan untuk mendatarkan permukaan sferik dibagi area yang terdatarkan (applanasi). Area applanasi ini merupakan daerah kornea yang konstan.³⁵

Central corneal thickness (CCT) adalah faktor yang mempengaruhi keakuratan pengukuran TIO pada tonometer applanasi.³⁸ Semakin tebal CCT, semakin besar jumlah energi yang dibutuhkan untuk mendatarkan kornea tersebut. Pada applanasi Goldmann CCT yang besar dapat memberikan nilai positif palsu tingginya TIO. Sebaliknya, nilai CCT yang kecil dapat memberikan nilai palsu TIO yang rendah. Tidak hanya applanasi Goldmann, jenis tonometer applanasi lain seperti Perkins, pneumatotonometer, noncontact tonometer, dan Tonopen, juga dipengaruhi oleh CCT.⁴⁶

3) Teknik indentasi

Prinsip tonometer indentasi didasarkan pada pemberian beban tertentu yang diletakkan pada kornea kemudian TIO diperkirakan dengan mengukur deformasi atau indentasi dari bola mata. Tonometer dengan prinsip ini adalah tonometer Schiotz. Skala yang ditunjuk oleh jarum penunjuk pada tonometer ini, dikonversikan pada tabel skala kalibrasi untuk memperkirakan besarnya TIO.²⁸



Gambar 4. Prinsip Tonometer.²⁹

2.3 Applanasi Goldmann

Tonometer applanasi Goldmann diperkenalkan sejak tahun 1950an, merupakan alat ukur tekanan intraokuler paling akurat dan ditetapkan sebagai baku emas. Lain halnya dengan tonometri Schiötz, applanasi Goldmann bekerja dengan menghilangkan pengaruh kekakuan sklera (*scleral rigidity*). Karena applanasi tidak menggeser banyak cairan (sekitar 0,5 μL) atau secara substansial meningkatkan tekanan di mata, metode ini relatif tidak terpengaruh oleh kekakuan sklera.¹⁴

Berdasarkan hukum Imbert-Fick, TIO ditentukan oleh besarnya tenaga untuk mendatarkan permukaan tertentu kornea. Hukum Imbert-Fick mengasumsikan bahwa kornea memiliki permukaan kering, sangat tipis, dan berperan sebagai " membran " dimana tekanan applanasi akan sama dengan TIO. Dalam praktiknya, terdapat gaya resistensi akibat *central corneal thickness* (CCT) yang menyebabkan asumsi tersebut tidak tepat. Keseimbangan gaya yang bekerja pada applanasi Goldmann (diameter applanasi 3,06 mm), terjadi saat CCT 520 μm . Pada kondisi ini tekanan applanasi sama dengan TIO sehingga menunjukkan hasil paling akurat dari tonometer applanasi Goldmann.^{14,47}

Keakuratan applanasi Goldmann terbatas pada beberapa kondisi patologis kornea seperti laserasi kornea, irregular kornea, edema kornea, dan post tindakan bedah refrakta. Applanasi Goldmann merupakan alat ukur yang tidak *portable* dan tidak dapat digunakan pada posisi supinasi. Hasil pengukuran applanasi Goldmann sangat dipengaruhi oleh teknik dan kemampuan pemeriksa.⁴⁸ *False reading* dalam

pengukuran TIO dapat terjadi karena faktor dari pasien seperti obesitas dan *squeezing eyelids*.^{28,48}

Instrumen applanasi Goldmann memakai pasak atau “probe” yang akan mendaratkan permukaan kornea, disertai lampu celah (*slit lamp*) untuk melihat permukaan kornea. Zat warna fluoroensens dipakai untuk memberikan warna tear film. Pemecahan bayangan oleh prisma dipakai untuk mendapatkan bayangan permukaan tear yang dibagi dalam dua busur, atas dan bawah. Tekanan bola mata diambil pada saat tepi dalam kedua busur bersatu.³⁵

Faktor teknis yang akan membuat hasil pengukuran tidak tepat adalah fluoresein yang terlalu banyak atau kurang, dan tangan pemeriksa yang menekan atau menahan bola mata saat pemeriksaan.³⁵

Alat dan Bahan :⁴⁹

1. Tonometer applanasi Goldmann.
2. Prisma applanasi.
3. Fluoroensens strip.
4. Obat tetes anestetik topikal (tetrakain).
5. Kapas bersih atau kain kasa

Persiapan :⁴⁹

1. Pastikan prisma telah didesinfeksi dengan alkohol isoprintl 70% (spiritus yang dimetilasi) atau sodium hipoklorit 1%.

2. Sebelum digunakan, prisma harus dibilas dengan air steril dan dikeringkan (sisa desinfektan dapat menyebabkan luka bakar pada kornea dan bersifat toksik bagi retina).
3. Tonometer terkalibrasi pada 10 mmHg.
4. Subjek duduk nyaman, meletakkan dagunya pada lampu celah, dan dahi tepat pada penyangga.
5. Pembesaran lampu celah (*slit lamp*) diatur pada pembesaran 10x.

Langkah kerja :³⁵

1. Menjelaskan apa saja yang akan dilakukan pada saat pemeriksaan.
2. Permukaan depan prisma dibersihkan dengan kapas alkohol, bahan yang mungkin meninggalkan residu toksik bagi kornea dihindari.
3. *Slit lamp* digeser sesuai dengan posisi yang nyaman bagi pemeriksa.
4. Sinar cobalt blue dimasukkan ke dalam jalur sinar *slit lamp* dan dibuka pada posisi yang paling lebar dan harus cukup oblik dari sisi tepi iluminasi prisma dimiringkan 60 derajat.
5. Obat anestesi lokal ditetes pada kornea, berguna untuk keakuratan tonometri.
6. Fluoresens strip diberikan untuk mengamati batas meniscus kontak kornea dan tonometer, fluoresens strip harus segera dibersihkan setelah pemeriksaan.
7. *Slit lamp* diatur sehingga subjek merasa nyaman. Subjek diminta untuk memusatkan pandangannya lurus ke depan dan menahan kedipan mata.

8. *Slit lamp* digeser sepanjang aksis optikus untuk mencapai kornea dengan menggeser *joystick* ke belakang, keseluruhan alat bergerak kira-kira 2 mm sampai 3 mm anterior ke arah kornea. Posisi awal harus lebih rendah dari aksis visual sehingga memungkinkan untuk menyelipkan di bawah bulu kelopak mata tanpa menyentuhnya, bila perlu kelopak mata diangkat sedikit lalu prisma diposisikan berada di tengah.
9. Pemeriksa mulai melihat dari biomikroskop. Citra yang tampak menyerupai busur berwarna ungu pucat dan bergerak sebagaimana posisi disesuaikan. Bila busur tampak simetris dalam dua pertengahan biprisma, instrumen dalam posisi benar.
10. *Joystick* diarahkan ke kornea secara perlahan. Ketika permukaan kornea tepat tersentuh, tampak dua busur berwarna terang dan arkus akan saling bertemu.
11. Cakra tombol tonometer harus disesuaikan sehingga tepi bagian dalam arkus superior dan bagian dalam arkus inferior saling bertemu dengan tepat.
12. Bila salah satu semi lingkaran terganggu, prosedur pemeriksaan harus diulang.
13. Bila semi lingkaran saling tumpang tindih dan ukuran tidak berubah saat tombol cakra diubah, maka tonometer telah terlalu terdorong ke depan dan harus ditarik.
14. Subjek harus dibiarkan mengedip sebelum prosedur ulang dilakukan.
15. Pemeriksaan dianjurkan untuk dilakukan pada kedua mata.

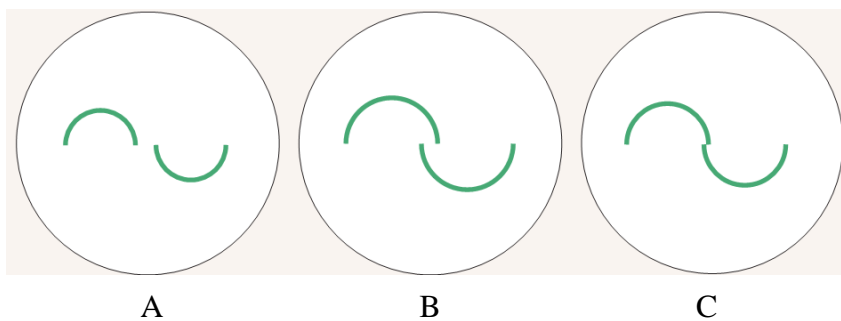
16. Bila pemeriksaan tonometri telah selesai dilakukan, prisma dibersihkan dengan kapas alkohol.

Nilai

Melalui biomikroskop terlihat gambaran sisi dalam dua semi lingkaran atas dan bawah saling bertemu dan sejajar. Nilai yang terbaca pada tombol cakra tonometer dikalikan 10 untuk mendapatkan nilai dalam mmHg.³⁵



Gambar 5. Pemeriksaan tonometer applanasi Goldmann.⁴⁹



Gambar 6. Semi lingkaran pada biomikroskop. (A) Tekanan applanasi lebih kecil dari TIO. (B) Tekanan applanasi lebih besar dari TIO. (C) Tekanan applanasi sama dengan TIO.⁴⁹

2.4 Tonopen

Tonopen adalah tonometri genggam elektronik yang biasanya digunakan untuk mengukur TIO pada anak, pasien yang tidak kooperatif dengan pengukuran applanasi Goldmann, dan pada mata dengan laserasi kornea atau edema. Tonopen menggunakan ujung lateks (tip cover) sekali pakai. Penggunaan tonometri ini merupakan kontraindikasi bagi pasien yang memiliki riwayat alergi lateks. Prinsip kerja tonopen sama dengan applanasi Goldmann. Perbedaan tonopen adalah area applanasi pada kornea yang lebih kecil ($2,36 \text{ mm}^2$) dari applanasi Goldmann ($7,35 \text{ mm}^2$). Oleh karena itu, pengaruh CCT kurang signifikan terhadap hasil pemeriksaan tekanan intraokuler dengan tonopen.^{14,50}

Langkah kerja :³⁵

1. Menjelaskan apa saja yang akan dilakukan pada saat pemeriksaan.
2. Pasien diposisikan duduk atau berbaring, diberi obat tetes anestetik topikal.
3. Pasien diarahkan untuk memfiksasikan pandangannya pada satu titik.
4. Tonopen dipegang seperti memegang pensil.
5. Ujung alat tonopen diletakkan tegak lurus pada kornea sampai kornea pipih.
6. Pengukuran diterima apabila terdengar bunyi klik. Pengukuran akan berulang sampai data dirasa cukup dan terdengar tanda beep yang menyatakan data telah terkumpul.

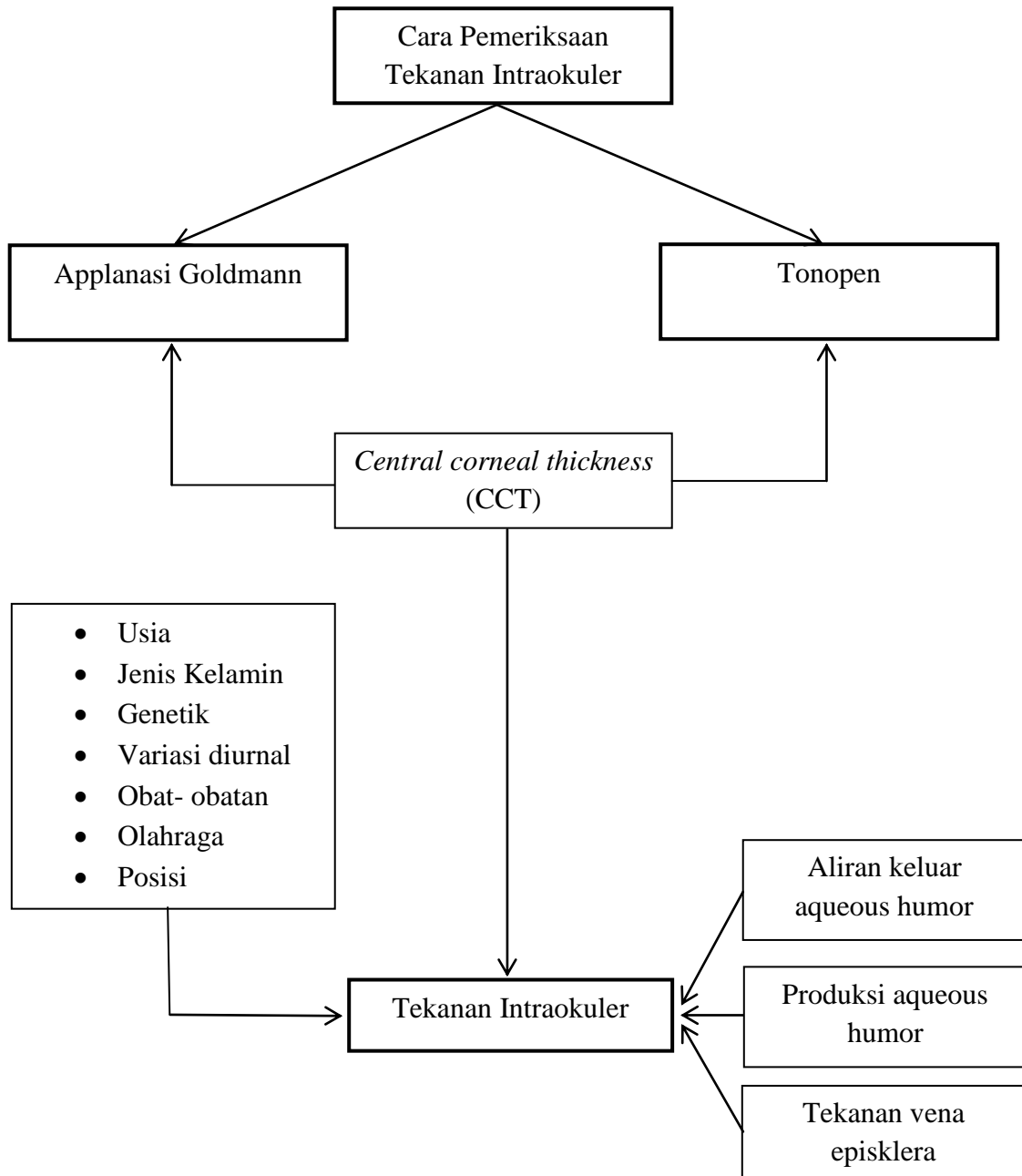
Nilai

Hasil pengukuran berupa nilai rerata statistik, tampil secara digital dalam mmHg.³⁵



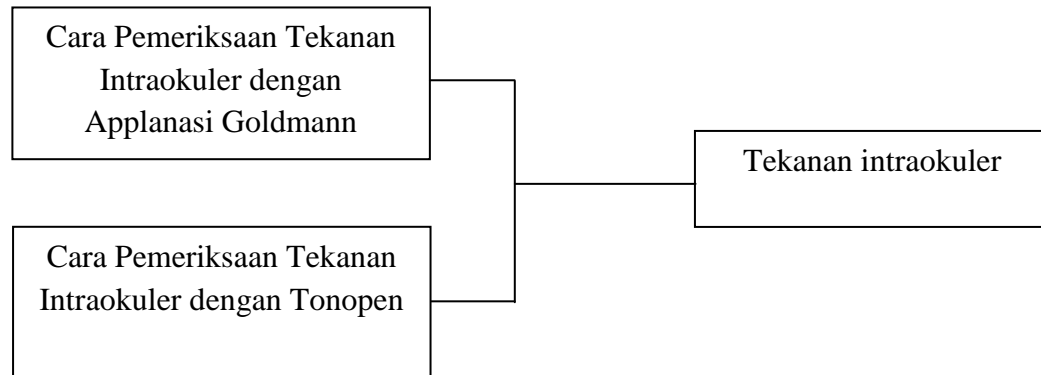
Gambar 7. Tonopen²²

2.5 Kerangka Teori



Gambar 8. Kerangka Teori.

2.6 Kerangka Konsep



Gambar 9. Kerangka Konsep.

2.7 Hipotesis

Tidak terdapat perbedaan hasil pemeriksaan TIO dengan tonopen dan applanasi Goldmann pada pasien glaukoma.