

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Anatomi mata manusia

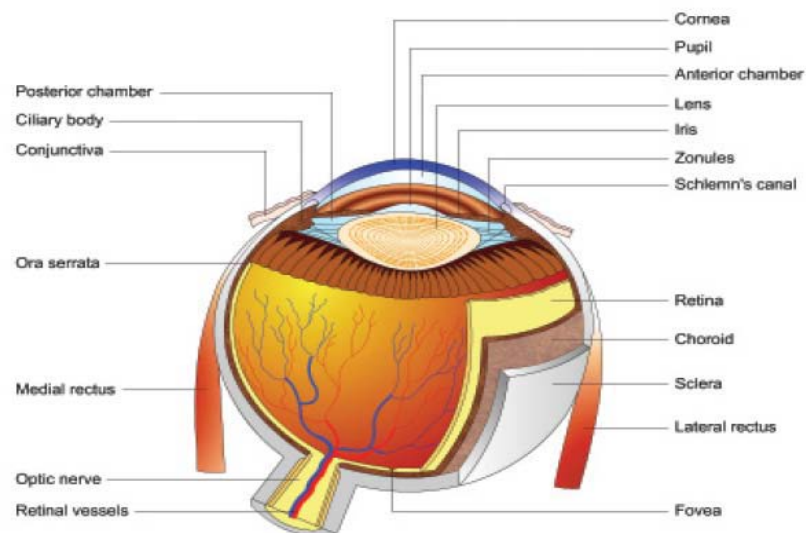
Mata merupakan organ penglihatan yang dimiliki manusia. Mata dilindungi oleh area orbit tengkorak yang disusun oleh berbagai tulang seperti tulang *frontal*, *sphenoid*, *maxilla*, *zygomatic*, *greater wing of sphenoid*, *lacrimal*, dan *ethmoid* (Rizzo, 2001).

Mata mempunyai diameter sekitar 24 mm dan tersusun atas tiga lapisan utama, yaitu *outer fibrous layer*, *middle vascular layer* dan *inner layer*. *Outer fibrous layer* (tunica fibrosa) dibagi menjadi dua bagian yakni *sclera* dan *cornea*. *Sclera* (bagian putih dari mata) menutupi sebagian besar permukaan mata dan terdiri dari jaringan ikat kolagen padat yang ditembus oleh pembuluh darah dan saraf. Kornea merupakan bagian transparan dari *sclera* yang telah dimodifikasi sehingga dapat ditembus cahaya (Saladin, 2008).

Middle vascular layer (tunica vasculosa) disebut juga uvea. Lapisan ini terdiri dari tiga bagian yaitu *choroid*, *ciliary body*, dan iris. *Choroid* merupakan lapisan yang sangat kaya akan pembuluh darah dan sangat terpigmentasi. Lapisan ini terletak di belakang retina. *Ciliary body* merupakan ekstensi choroid yang menebal serta membentuk suatu cincin muskular disekitar lensa dan berfungsi

menyokong iris dan lensa serta mensekresi cairan yang disebut sebagai *aqueous humor* (Saladin, 2008).

Iris merupakan suatu diafragma yang dapat diatur ukurannya dan lubang yang dibentuk oleh iris ini disebut sebagai pupil. Iris memiliki dua lapisan berpigmen yaitu *posterior pigment epithelium* yang berfungsi menahan cahaya yang tidak teratur mencapai retina dan *anterior border layer* yang mengandung sel-sel berpigmen yang disebut sebagai chromatophores. Konsentrasi melanin yang tinggi pada chromatophores inilah yang memberi warna gelap pada mata seseorang seperti hitam dan coklat. Konsentrasi melanin yang rendah memberi warna biru, hijau, atau abu-abu. *Inner layer* (tunica interna) terdiri dari retina dan nervus optikus (Saladin, 2008).



Gambar 1. Anatomi Mata Manusia

2. Tekanan intraokular

Tekanan intraokular adalah tekanan bola mata yang disumbangkan terutama oleh kecepatan pembentukan *aqueous humor* dan tahanan terhadap aliran keluarnya dari mata. Nilai normal rata-rata tekanan intraokular sekitar 15 mmHg dengan kisaran antara 12 sampai 20 mmHg (Guyton, 2007).

Tekanan intraokular ditentukan oleh kecepatan pembentukan *aqueous humor* dan tahanan terhadap aliran keluarnya dari mata. Tekanan intraokular diatur oleh dinamika cairan *aqueous humor* termasuk diantaranya : produksi cairan aquous, aliran cairan dan tekanan vena episklera. Fungsi dari *aqueous humor* adalah sebagai media refraksi, pemberi nutrisi dan juga mempengaruhi tekanan hidrostatik untuk stabilitas bola mata (Sativa, 2003).

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan intraokular

Beberapa faktor yang mempengaruhi tekanan intraokular antara lain :

a. Usia

Rata-rata tekanan intraokular meningkat dengan bertambahnya usia. Umumnya usia muda mempunyai tekanan yang lebih rendah dibandingkan populasi umum (Kirana, 2003).

b. Jenis kelamin

Tidak banyak ditemui perbedaan tekanan intraokular antara pria dan wanita. Umumnya wanita usia menopause mempunyai

tekanan intraokular yang relatif lebih tinggi dibandingkan pria dengan umur yang sama, dalam hal ini mungkin disebabkan faktor-faktor hormonal (Geetha, 2012).

c. Ras

Adanya keterkaitan antara ras tertentu dengan tekanan intraokular telah diperkuat dengan adanya laporan yang menyatakan bahwa orang kulit hitam mempunyai tekanan intraokular lebih tinggi dibandingkan kulit putih (Geetha, 2012).

d. Musim

Adanya pengaruh musim terhadap tekanan intraokular pernah dilaporkan dimana pada bulan-bulan musim dingin tekanan intraokular manusia lebih tinggi yang mungkin disebabkan oleh perubahan tekanan atmosfer (Geetha, 2012).

e. Variasi diurnal

Variasi diurnal merupakan perubahan keadaan tekanan intraokular setiap hari. Pada orang normal mempunyai variasi 3 sampai 6 mmHg antara tekanan intraokular terendah dan tertinggi. Sedangkan pada pasien glaukoma dapat lebih tinggi lagi. Umumnya tekanan intraokular meninggi pada tengah hari dan lebih rendah pada malam hari. Ini dihubungkan dengan variasi diurnal kadar kortisol plasma, dimana puncak tekanan intraokular sekitar tiga sampai empat jam setelah puncak kadar kortisol plasma.

f. Genetik

Tekanan intraokular pada populasi umum ada kaitannya dengan keturunan. Keadaan ini dibuktikan dengan terdapatnya kecenderungan tekanan intraokular yang lebih tinggi pada sejumlah keluarga penderita glaukoma.

g. Posisi tubuh

Tekanan intraokular meningkat pada perubahan posisi tubuh duduk ke berbaring dengan perbedaan tekanan intraokular 0,3 sampai 0,6 mmHg.

h. Tekanan darah

Perubahan tekanan darah diiringi dengan perubahan tekanan intraokular, terutama tekanan darah sistolik (Geetha, 2012).

i. Hormon

Beberapa hormon diketahui mempengaruhi tekanan intraokular antara lain: glukokortikoid, progesteron, estrogen, *growth hormone* dan relaxin. Tekanan intraokular tinggi juga ditemukan pada pasien hipotiroid dan rendah pada hipertiroid. Pasien diabetes mempunyai tekanan lebih tinggi dari populasi umum (Geetha, 2012).

j. Kelainan refraksi

Beberapa penelitian mendapatkan tekanan intraokular yang lebih tinggi pada penderita myopi (Kirana, 2013).

k. Inflamasi

Tekanan intraokular pada mata yang mengalami inflamasi biasanya menurun karena produksi cairan *aqueous humor* menurun, namun bila terjadi hambatan pengeluaran *aqueous humor* akibat peradangan yang terjadi maka tekanan intraokular dapat meningkat (Kirana, 2013).

4. *Aqueous humor*

a. Anatomi

Aqueous humor adalah cairan jernih yang dibentuk oleh korpus siliaris dan mengisi bilik mata anterior dan posterior. *Aqueous humor* mengalir dari korpus siliaris melewati bilik mata posterior dan anterior menuju sudut kamera okuli anterior. *Aqueous humor* diekskresikan oleh *trabecular meshwork* (Simmons dkk, 2007).

Prosesus siliaris terletak pada *pars plicata* adalah struktur utama korpus siliaris yang membentuk *aqueous humor* (Salomon, 2002). Prosesus siliaris memiliki dua lapis epitelium, yaitu lapisan berpigmen dan tidak berpigmen. Lapisan dalam epitel yang tidak berpigmen diduga berfungsi sebagai tempat produksi *aqueous humor* (Simmons dkk, 2007).

Sudut kamera okuli anterior, yang dibentuk oleh pertautan antara kornea perifer dan pangkal iris, merupakan komponen

penting dalam proses pengaliran *aqueous humor*. Struktur ini terdiri dari *Schwalbe's line*, *trabecular meshwork* dan *scleral spur* (Riordan - Eva, 2007).

Trabecular meshwork merupakan jaringan anyaman yang tersusun atas lembar-lembar berlubang jaringan kolagen dan elastik (Riordan - Eva, 2007). *Trabecular meshwork* disusun atas tiga bagian , yaitu *uvea meshwork* (bagian paling dalam), *cornoscleral meshwork* (lapisan terbesar), *juxtacanalicular/endothelial meshwork* (lapisan paling atas). *Juxtacanalicular meshwork* adalah struktur yaang berhubungan dengan bagian dalam kanalis Schlemm (Cibis dkk, 2007).

Kanalis Schlemm merupakan lapisan endotelium tidak berpori dan lapisan tipis jaringan ikat. Pada bagian dalam dinding kanalis terdapat vakuola-vakuola berukuran besar, yang diduga bertanggung jawab terhadap pembentukan gradien tekanan intraokular (Cibis dkk, 2007).

Aqueous humor akan dialirkan dari kanalis Schlemm ke vena episklera untuk selanjutnya dialirkan ke vena siliaris anterior dan vena opthalmikus superior. Selain itu, *aqueous humor* juga akan dialirkan ke vena konjungtival, kemudian ke vena palpebralis dan vena angularis yang akhirnya menuju ke vena opthalmikus superior atau vena fasialis. Pada akhirnya, *aqueous humor* akan bermuara ke sinus kavernosus (Salomon, 2002).

b. Fisiologi

Aqueous humor diproduksi dengan kecepatan 2 sampai 3 mikroliter/menit dan mengisi kamera okuli anterior sebanyak 0,25 mL dan bilik posterior sebanyak 0,06 mL. *Aqueous humor* berfungsi memberikan nutrisi berupa glukosa dan asam amino pada jaringan mata di segmen anterior, seperti lensa, kornea, dan *trabecular meshwork*. Fungsi lainnya adalah menjaga kestabilan tekanan intraokular yang penting untuk menjaga integritas struktur mata.

Aqueous humor diproduksi melalui 3 mekanisme fisiologis, yaitu transport aktif, ultrafiltrasi, dan difusi. Transport aktif di sel epitel yang tidak berpigmen memegang peranan penting dalam produksi *aqueous humor* dan melibatkan Na^+ / K^+ -ATPase. Proses ultrafiltrasi adalah proses perpindahan air dan zat larut ke dalam membran sel akibat perbedaan osmotik. Sedangkan proses difusi adalah pergerakan ion melalui membran karena perbedaan konsentrasi (Rodiah, 2009).

Sistem pengaliran *aqueous humor* terdiri dari dua jenis sistem pengaliran utama, yaitu aliran konvensional/*trabecular outflow* dan aliran nonkonvensional/*uveoscleral outflow*. *Trabecular outflow* adalah aliran utama dari *aqueous humor*. *Aqueous humor* mengalir dari bilik anterior kanalis Schlemm di

trabecular meshwork dan menuju ke vena episklera, bermuara di sinus kavernosus. Sistem pengaliran ini memerlukan perbedaan tekanan, terutama di jaringan *trabecular*. *Uveoscleral outflow* adalah sistem pengaliran utam yang kedua. *Aqueous humor* mengalir dari bilik anterior ke musculus siliaris dan rongga suprakoroidal kemudian ke vena di korpus siliaris, koroid, dan sklera. Sistem ini tidak bergantung pada perbedaan tekanan (Rodiah, 2009).

5. Glaukoma

Glaukoma merupakan penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang diakibatkan oleh glaukoma bersifat permanen, atau tidak dapat diperbaiki. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya pencegahan dan penanganan kasus glaukoma (Kemenkes RI, 2015)

Glaukoma adalah penyakit mata di mana terjadi kerusakan saraf optik yang diikuti gangguan lapang pandangan yang khas. Kondisi ini utamanya diakibatkan oleh tekanan intraokular yang tinggi yang biasanya disebabkan oleh hambatan pengeluaran cairan bola mata (*Aqueous humor*). Penyebab lain kerusakan saraf optik, antara lain gangguan suplai darah ke serat saraf optik dan kelemahan/masalah saraf optiknya sendiri (Kemenkes RI, 2015).

Berdasarkan mekanisme peningkatan intraokular, glaukoma diklasifikasikan menjadi glaukoma sudut terbuka dan glaukoma sudut tertutup :

a. Glaukoma sudut terbuka

Terjadinya disebabkan karena proses degeneratif *trabecular meshwork*, sehingga terjadi kelainan sistem drainase sudut bilik mata depan (Salomon, 2010). *Aqueous humor* setelah melalui pupil masuk ke dalam bilik mata depan dan tidak dapat masuk ke *trabecular meshwork*. Keadaan ini mengakibatkan tekanan intraokular meningkat dan merusak saraf optik. Pada awalnya glaukoma ini tidak memberikan gejala, sehingga penderita tidak menyadarinya. Mulai timbul gejala agak lambat sampai akhirnya berlanjut dengan kebutaan. Glaukoma sudut terbuka sering terjadi pada usia lebih dari 40 tahun, walaupun kadang-kadang terjadi pada usia muda (Ilyas, 1998). Glaukoma sudut terbuka terdiri dari kelainan pada membran pratabekular, trabekular seperti glaukoma sudut terbuka primer, kongenital, pigmentasi dan akibat steroid dan kelainan pascatrabekular.

Glaukoma sudut terbuka primer merupakan neuropatik optik kronis dengan progresifitas lambat, gangguan lapang pandangan, hilangnya sel dan akson ganglion retina dan sudut *iridocorneal* terbuka. Pada glaukoma sudut terbuka primer bila terjadi kerusakan

saraf akan mengakibatkan terbentuknya skotoma (bercak hitam) dan glaukoma ini tidak dapat diobati.

b. Glaukoma sudut tertutup

Glaukoma sudut tertutup terjadi apabila terbentuk sumbatan sudut kamera anterior oleh iris perifer. Hal ini menyumbat aliran *aqueous humor* dan tekanan intraokular meningkat dengan cepat, menimbulkan nyeri hebat, kemerahan dan pengelihatn kabur. Serangan akut sering dipresipitasi oleh dilatasi pupil, yang terjadi secara spontan di malam hari, saat pencahayaan kurang (Salomon, 2009). Pada glaukoma sudut tertutup perlahan-lahan pengelihatn samping atau perifer berkurang tetapi pengelihatn central masih normal (Ilyas, 1997).

Wanita mempunyai kemungkinan tiga kali lebih besar untuk menderita glaukoma primer sudut tertutup dibandingkan pria, karena bilik okuli anterior lebih dangkal pada mata normal wanita. Glaukoma sudut tertutup paling sering terjadi pada usia 55 sampai 65 tahun, tidak menutup kemungkinan dapat terjadi pada usia 40 tahun. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya usia, ketebalan lensa akan meningkat yang dapat mendorong iris, sehingga kedalaman bilik mata berkurang dan sudut iridokornealis menjadi sempit (Desi, 2008).

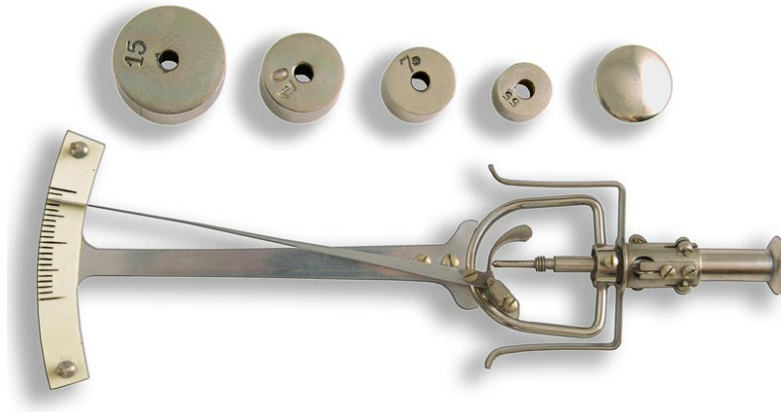
6. Pemeriksaan tekanan intraokular

Pemeriksaan tekanan intraokular dilakukan dengan alat yang dinamakan tonometer, pemeriksaan tekanan yang dilakukan dengan tonometer pada bola mata dinamakan tonometri. Tonometri adalah cara pengukuran tekanan intraokular dengan memakai alat-alat terkalibrasi yang melekkukan atau merata kornea.

a. Tonometer Schiötz

Tonometer schiötz merupakan tonometer indentasi atau menekan permukaan kornea dengan beban yang dapat bergerak bebas pada sumbunya. *Plunger* (tabung penampung) yang ditaruh pada bola mata (kornea) akan menekan bola mata ke dalam melalui kornea, keseimbangan tekanan tergantung pada beban tonometer. Beban 5,5 gram dipasang di ujung *plunger*. Jika mata kencang, diberikan tambahan beban 7,5 dan 10 gram pada *plunger* untuk menaikkan gaya pada kornea

Pembacaan skala dikonversikan pada tabel tonometer schiötz untuk mengetahui tekanan bola mata dalam mmHg. Pada tekanan lebih dari 20 mmHg dicurigai glaukoma, jika lebih 25 mmHg pasien menderita glaukoma.



Gambar 2. Tonometer Schiotz

b. Tonometer Aplanasi Goldmann

Tonometer ini dipasang pada *slit lamp* (lampu celah) untuk mengukur besarnya beban yang diperlukan untuk meratakan apeks kornea dengan beban standard. Tonometer aplanasi tidak memperhatikan kekakuan sklera. Alat yang digunakan yaitu *slit lamp* dengan sinar biru yang dapat digeser sesuai dengan posisi nyaman pasien, tonometer aplanasi, fluorisen, dan obat tetes anastesi yang ditetes di kornea, berguna untuk keakuratan tonometri. Pada skala tonometer aplanasi dipasang tombol tekanan 10 mmHg. Permukaan depan prisma dibersihkan dengan air dan dikeringkan, pasien disuruh menahan kedipan mata dan menatap lurus ke depan, *slit lamp* digeser sepanjang aksis optikus untuk mencapai kornea dengan menggeser *joystick* ke belakang dan pemeriksa mulai melihat dari biomikroskop. Penilaian tonometer aplanasi melalui biomikroskop akan terlihat gambaran dua semi lingkaran yang berukuran sama dimana sisi dalam kedua semi lingkaran atas dan bawah saling bertemu dan sejajar. Nilai yang terbaca pada tombol cakera tonometer dikalikan 10 untuk

mendapatkan nilai mmHg. Dengan tonometer aplanasi, jika tekanan intraokular lebih dari 20 mmHg sudah dianggap glaukoma.



Gambar 3. Tonometer Aplanasi Goldmann

c. Tonometer Perkins

Merupakan aplanasi yang hampir sama dengan Goldmann. Tonometer perkins dapat digunakan dalam berbagai posisi karena bersifat *portable*, keakuratannya sama baik dalam posisi vertikal maupun horizontal. Tonometer ini dapat digunakan pada bayi, anak, dan di dalam kamar operasi serta pada kornea yang mengalami astigmatisma. Gambaran yang dijumpai sama dengan gambaran tonometer Goldmann.



Gambar 4. Tonometer Perkins

d. Tonometer Non Kontak

Tonometer non kontak menggunakan semburan udara sebagai pengganti prisma untuk meratakan kornea, sehingga tidak ada kontak langsung antara mata dengan alat yang dipakai yang dapat mencegah penularan penyakit. Metode ini tidak memerlukan anestesi karena tidak ada bagian alat yang mengenai mata dan dapat digunakan dengan mudah. Pengukuran tekanan intraokular dengan menggunakan tonometer non kontak sangat singkat dan hasil pengukuran tampil secara digital di layar.

7. Olahraga

a. Definisi

Menurut *Gale Encyclopedia of Medicine* (2008), olahraga adalah aktivitas fisik yang direncanakan, terstruktur, dan dikerjakan secara berulang dan bertujuan memperbaiki atau menjaga kesehatan jasmani. Sedangkan menurut *Mosby's Medical*

Dictionary (2009), olahraga adalah aktivitas fisik yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan, atau memelihara kebugaran jasmani (*fitness*) atau sebagai terapi untuk memperbaiki kelainan atau mengembalikan fungsi organ dan fungsi fisiologis tubuh.

b. Jenis jenis olahraga

1) Olahraga aerobik

Olahraga aerobik adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang melibatkan otot-otot besar dan dilakukan dalam intensitas yang cukup rendah serta dalam waktu yang cukup lama (Sherwood, 2001). Menurut *Dorland's Medical Dictionary* (2007), olahraga aerobik adalah aktivitas fisik yang dirancang untuk meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan fungsi sistem respirasi dan sistem kardiovaskular.

Olahraga aerobik atau yang biasa disebut latihan kardiovaskular meningkatkan fungsi kerja paru, jantung dan melancarkan sirkulasi darah, sehingga tubuh mendapatkan dan menggunakan oksigen lebih baik untuk metabolisme sel. Oksigen berfungsi dalam pembentukan sumber energi tubuh yaitu adenosin trifosfat (ATP) dengan menggunakan siklus asam sitrat sebagai jalur metabolisme utama (Sherwood, 2001).

Aktivitas fisik yang termasuk olahraga aerobik adalah jalan cepat, *jogging* atau lari-lari kecil, renang, dansa, atau bersepeda. Intensitas dalam setiap olahraga aerobik berbeda-beda. Intensitas adalah usaha yang diberikan setiap orang dalam mengerjakan aktivitas fisik. *American Heart Association* menganjurkan, setidaknya dilakukan aktivitas fisik dengan intensitas sedang, yaitu di mana *Target Heart Rate* (THR) atau detak jantung yang diinginkan adalah 60-80% dari perkiraan detak jantung maksimal. Perkiraan detak jantung maksimal adalah 220 dikurang dengan umur saat ini (Cleveland Clinic, 2011).

2) Olahraga anaerobik

Olahraga anaerobik adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang tidak memerlukan oksigen dalam pelaksanaannya. Olahraga ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan massa otot dan tonus otot (CDC, 2011). Latihan-latihan yang dimaksud di sini adalah angkat beban.

c. Fisiologi olahraga

Olahraga membutuhkan kontraksi otot yang terbentuk dari adenosin trifosfat (ATP). Pembentukan ATP merupakan derivat dari metabolisme glukosa secara aerobik dan anaerobik, namun jarang didapatkan dari protein. Metabolisme aerobik yang

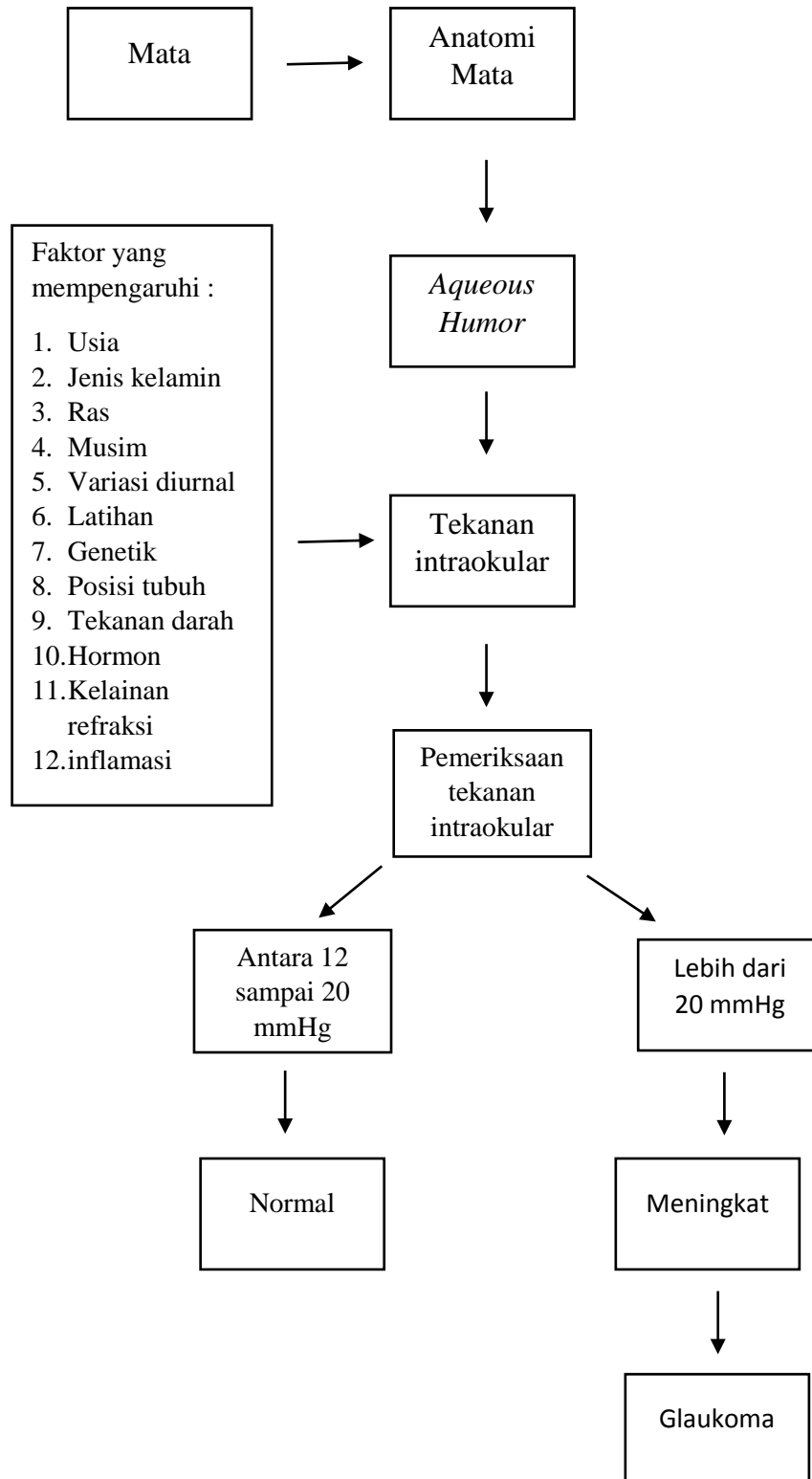
mengonsumsi oksigen lebih baik karena ATP diproduksi lebih efisien dalam keadaan aerobik (Adiwinanto, 2008).

8. Hubungan olahraga aerobik dengan tekanan intraokular

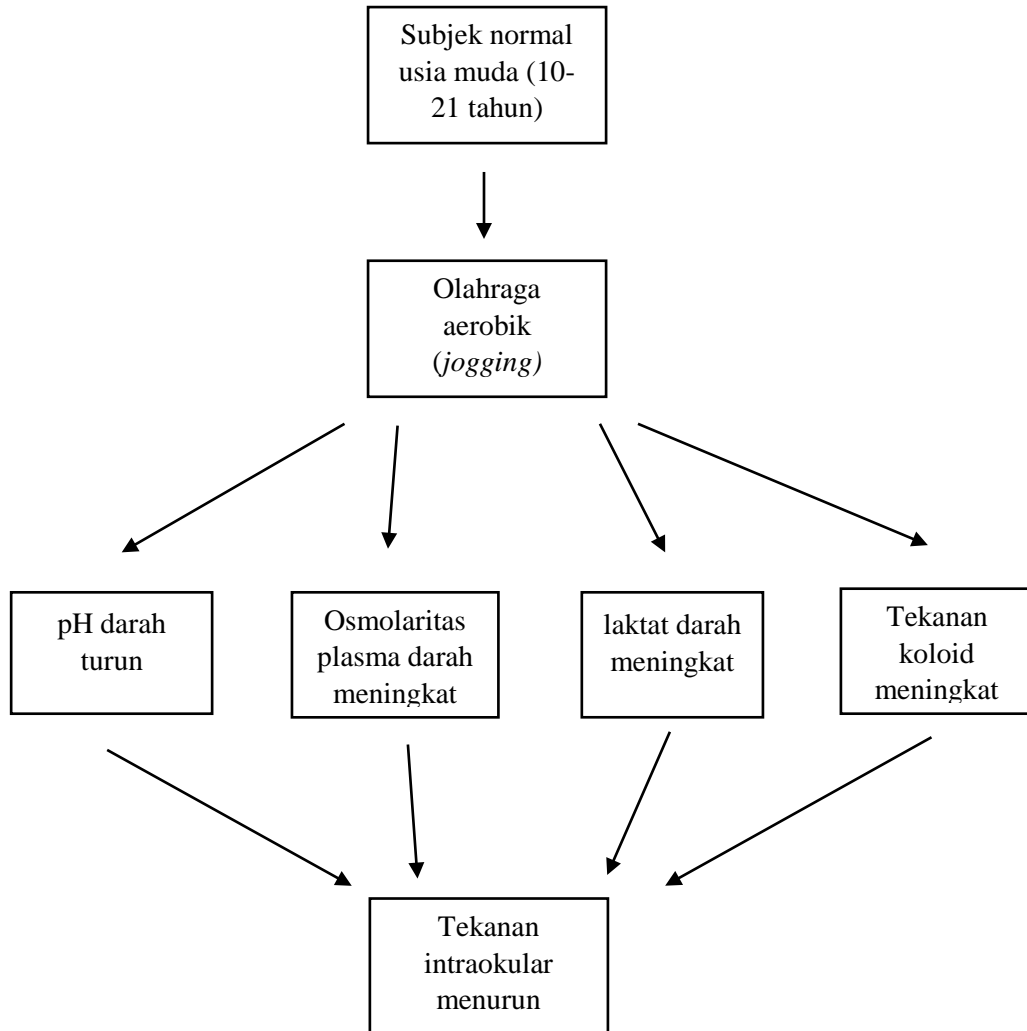
Meskipun menurunnya tekanan intraokular setelah latihan telah banyak dilaporkan diberbagai literatur, mekanismenya masih belum diketahui secara pasti. Tiga teori yang menjadi etiologi menurunnya tekanan intraokular setelah latihan antara lain: menurunnya pH darah, meningkatnya osmolaritas plasma darah dan meningkatnya laktat darah (Charles dkk, 2015).

Selain itu, olahraga dinamik seperti jogging meningkatkan tekanan koloid dimana hal tersebut berhubungan erat dengan penurunan intraokular dan kemungkinan merupakan faktor determinan yang penting dalam penurunan intraokular (Sindi, 2010)

B. Kerangka Teori



C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

Terdapat hubungan antara olahraga aerobik terhadap tekanan intraokular pada subjek normal usia muda.