

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Anatomi dan Fisiologi *Aqueous humor*

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, 2007).

Prosesus siliaris, terletak pada *pars plicata* adalah struktur utama korpus siliaris yang membentuk *aqueous humor* (Solomon, 2002). Terdapat dua lapisan epitelium pada prosesus siliaris, yaitu lapisan berpigmen dan tidak berpigmen. Lapisan dalam epitel yang tidak berpigmen diduga berfungsi sebagai tempat produksi *aqueous humor* (Simmons, 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, 2010).

Trabecular meshwork merupakan jaringan anyaman yang tersusun atas lembar-lembar berlubang jaringan kolagen dan elastik (Riordan-Eva, 2010). *Trabecular meshwork* disusun atas tiga bagian, yaitu *uvea meshwork* (bagian paling dalam), *corneoscleral meshwork* (lapisan terbesar) dan *juxtacanalicular/endothelial meshwork* (lapisan paling atas). *Juxtacanalicular meshwork* adalah struktur yang berhubungan dengan bagian dalam kanalis Schlemm (Cibis *et al*, 2007-2008).

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 intraokuli. *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 (Solomon, 2002).

Aqueous humor diproduksi dengan kecepatan 2-3 $\mu\text{L}/\text{menit}$ dan mengisi bilik anterior sebanyak 250 μL serta bilik posterior sebanyak 60 μL (Solomon, 2002). *Aqueous humor* berfungsi memberikan nutrisi (berupa glukosa dan asam amino) kepada jaringan-jaringan mata di segmen anterior, seperti lensa, kornea dan *trabecular meshwork*. Selain itu, zat sisa metabolisme (seperti asam piruvat dan asam laktat) juga dibuang dari jaringan-jaringan tersebut. Fungsi yang tidak kalah penting adalah menjaga kestabilan tekanan intraokuli, yang penting untuk menjaga integritas struktur mata. *Aqueous humor* juga menjadi media transmisi cahaya ke jaras penglihatan (Cibis *et al*, 2007-2008).

Produksi *aqueous humor* melibatkan beberapa proses, yaitu transport aktif, ultrafiltrasi dan difusi sederhana. Transport aktif di sel epitel yang tidak berpigmen memegang peranan penting dalam produksi *aqueous humor* dan melibatkan $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$. Proses ultrafiltrasi adalah proses perpindahan air dan zat larut air ke dalam membran sel akibat perbedaan tekanan osmotik. Proses ini berkaitan dengan pembentukan gradien tekanan di prosesus siliaris. Sedangkan proses difusi adalah proses yang menyebabkan pertukaran ion melewati membran melalui perbedaan gradien elektron (Simmons, 2007).

Sistem pengaliran *aqueous humor* terdiri dari dua jenis sistem pengaliran utama, yaitu aliran konvensional/ *trabecular outflow* dan aliran nonkonvensional/ *uveoscleral outflow*.

Trabecular outflow merupakan aliran utama dari *aqueous humor*, sekitar 90% dari total. *Aqueous humor* mengalir dari bilik anterior ke kanalis *schlemm* di *trabecular meshwork* dan menuju ke vena episklera, yang selanjutnya bermuara pada sinus kavernosus. Sistem pengaliran ini memerlukan perbedaan tekanan, terutama di jaringan trabekular (Solomon, 2002).

Uveoscleral outflow, merupakan sistem pengaliran utama yang kedua, sekitar 5-10% dari total. *Aqueous humor* mengalir dari bilik anterior ke muskulus siliaris dan rongga suprakoroidal lalu ke vena-vena di korpus siliaris, koroid dan sklera. Sistem aliran ini relatif tidak bergantung kepada perbedaan tekanan (Solomon, 2002).

2. Tekanan Intraokuler

a) Definisi

Tekanan dalam bola mata disebut dengan Tekanan Intraokuler (TIO). Tekanan tersebut dipengaruhi oleh dinamika humor akuos (Murgatroyd, 2008). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tekanan intraokuler, yaitu usia, jenis kelamin, ras, herediter, variasi diurnal, variasi musim, tekanan darah, olahraga (*exercise*), perubahan

badan, hormonal, makanan dan obat-obatan, pergerakan bola mata, penutupan kelopak mata, inflamasi, dan operasi (Becker & Shaffer, 1999)

b) Pengukuran Tekanan Intraokuler

Pengukuran TIO dilakukan dengan tonometer aplanasi Goldmann yang merupakan baku emas. Ukuran rata-rata tekanan intraokuli adalah 16 mmHg dengan tonometri aplanasi dan 15,8 mmHg dengan tonometri Schiottz dengan kisaran normal pada populasi umum adalah 10-21 mmHg (Zubaidah, 2008). Tekanan intraokuler dapat diukur menggunakan alat yang dinamakan tonometer. Beberapa tonometer yang sering digunakan dalam pengukuran TIO adalah:

1. Tonometer Schiottz

Tonometer Schiottz merupakan tonometer indentasi untuk mengukur besarnya indentasi kornea yang dihasilkan oleh beban atau gaya yang telah ditentukan. Keuntungan menggunakan alat ini adalah kesederhanaannya, alat yang praktis bagi bukan spesialis mata, untuk mengukur tekanan bola mata pada pasien yang disangkakan glaukoma dalam keadaan darurat (Anon, 1998) *Plunger* (tabung penampung) yang diletakkan pada kornea akan menekan bola mata ke dalam dan mendapat perlawanan tekanan dari dalam bola mata, keseimbangan tekanan tergantung pada beban tonometer. Beban 5,5 gram dipasang di ujung atas *plunger*. Jika

mata kencang, diberikan beban tambahan 7,5 dan 10 gram pada *plunger* untuk menaikkan gaya pada kornea. Nilai skala pada tonometer dikonversikan dengan tabel tonometer Schiotz untuk mengetahui tekanan bola mata dalam mmHg. Pada tekanan >20 mmHg dicurigai glaukoma, jika tekanan >25 mmHg pasien menderita glaukoma.

2. Tonometer Applanasi Goldmann

Tonometer yang dipasang pada lampu celah (*slitlamp*), untuk mengukur besarnya beban yang diperlukan untuk meratakan apeks kornea dengan beban standart. Pemeriksaan ini untuk mendapatkan tekanan intraokular dengan menghilangkan pengaruh kekakuan sklera (*scleral rigidity*). Pada skala tonometer applanasi dipasang tombol tekanan 10 mmHg. Penilaian tonometer applanasi 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 cakra tonometer dikalikan 10 untuk mendapat nilai dalam mmHg (milimeter air raksa). Jika tekanan intraokular >20 mmHg sudah dianggap menderita glaukoma.

3. Tonometer Perkins

Tonometer Perkins adalah sebuah tonometer applanasi mekanik portabel sehingga dapat digunakan dalam berbagai posisi,

keakuratannya sama baik dalam posisi vertical maupun horizontal. Tonometer ini memiliki mekanisme yang mirip dengan tonometer Goldmann sehingga gambaran yang dijumpai pun sama dengan gambaran Goldmann.

4. 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 dapat mencegah penularan penyakit. Pengukuran tekanan intra ocular dengan alat tonometer non kontak sangat singkat, dan hasil pengukuran tampil secara digital pada layar (Kanski, 2000).

5. Tono Pen

Merupakan tonometer portabel dengan sumber energi dari baterai. Keunggulan menggunakan tono pen ini selain portabel, alat ini lebih teliti. Hasil pengukuran akan tampil secara digital. Namun, harga tono pen lebih mahal dibandingkan tonometer Schiotz sehingga jarang dijumpai di klinik dan bagian gawat darurat.

3. 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). Olahraga anaerobik adalah bentuk latihan dengan intensitas tinggi yang meningkatkan deficit oksigen cukup tinggi. Ketika melakukan olahraga dengan intensitas yang cukup tinggi, hal tersebut akan memacu sistem kardiovaskular untuk dapat memenuhi kebutuhan oksigen secara cepat yang dibutuhkan oleh otot. Namun system kardiovaskular kita tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen tersebut secara cepat, maka dari itu latihan anaerobik hanya dapat dilakukan dalam jangka waktu yang singkat. Aktivitas anaerobik biasanya akan membutuhkan interval istirahat agar ATP dapat diregenerasi sehingga kegiatannya dapat dilanjutkan kembali (Bhattacharya, 2013).

Metabolisme anaerobik mendapatkan energy melalui proses pembakaran glikogen. Glikolisis merupakan salah satu bentuk metabolisme energi yang dapat berjalan secara anaerobik tanpa kehadiran oksigen. Proses metabolisme energi ini menggunakan simpanan glukosa yang sebagian besar akan diperoleh dari glikogen otot atau juga dari glukosa yang terdapat di dalam aliran darah untuk menghasilkan ATP. Inti dari proses glikolisis yang terjadi di dalam sitoplasma sel akan mengubah molekul glukosa menjadi asam piruvat dimana proses ini juga akan disertai dengan pembentukan ATP. Jumlah ATP yang dapat dihasilkan oleh proses glikolisis ini akan berbeda bergantung berdasarkan asal molekul glukosa. Jika molekul glukosa

berasal dari dalam darah maka 2 buah ATP akan dihasilkan namun jika molekul glukosa berasal dari glikogen otot maka sebanyak 3 buah ATP akan dapat dihasilkan. Molekul asam piruvat yang terbentuk dari proses glikolisis ini dapat mengalami proses metabolisme lanjut baik secara aerobik maupun secara anaerobik bergantung terhadap ketersediaan oksigen di dalam tubuh. Pada saat berolahraga dengan intensitas rendah dimana ketersediaan oksigen di dalam tubuh cukup besar, molekul asam piruvat yang terbentuk ini dapat diubah menjadi CO_2 dan H_2O di dalam mitokondria sel. Glukosa dari glikogen otot dipecah menjadi asam laktat. Asam laktat penting untuk *exercise* anaerobik dengan intensitas tinggi yang berguna untuk melakukan kontraksi otot. Setelah 1,5 – 2 menit melakukan *exercise* anaerobik, penumpukan laktat yang terjadi akan menghambat glikolisis, sehingga timbul kelelahan otot. Melalui proses pembentukan asam laktat dari 1 mol (180 gram) glikogen otot dihasil 3 molekul ATP (brooks, 1986).

Terdapat beberapa jenis olahraga anaerobik, diantaranya adalah *weight training, isometriks, pylometrics dan sprinting* (Kelliher, 2008).

a) *Weight training*

Latihan beban adalah salah satu bentuk latihan tahanan untuk meningkatkan kekuatan (Prawirasaputra, 2000). Bentuk latihan beban memang sangat beraneka ragam, dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan. Fox (1984) mengatakan

bahwa “...mengembangkan unsur kekuatan tidak hanya spesifik pada kelompok otot tertentu yang dilatih melainkan juga spesifik pada pola gerak yang dihasilkan”. Bentuk latihan beban harus disesuaikan dengan bentuk gerakan dalam olahraga yang dilakukan. Contoh dari latihan beban adalah *weight lifting* (angkat beban).

b) Isometrik

Latihan isometrik adalah pola latihan yang mengikuti kaidah kontraksi isometrik, yakni suatu kontraksi dimana otot tidak mengalami perubahan panjang otot. Secara mikro peristiwa yang terjadi di dalam sacromere, kepala myosin menarik aktin tanpa terjadi pemindahan dari tropinin satu ke tropinin lain, atau tidak terjadi sliding mechanism. Efek dari mekanisme ini setiap sacromere tidak berubah panjangnya. Besarnya kontraksi isometrik sangat tergantung pada besar beban yang ditanggungnya. Bila beban yang dtanggung ringan atau lebih kecil dari kekuatan maksimum otot maka hanya beberapa fasciculus saja yang bekerja, sebaliknya bila beban yang ditanggung berat atau sebesar kekuatan maksimum otot, maka seluruh fasciculus dari otot tersebut akan dikerahkan. Contoh dari latihan isometrik adalah *plank* (Kelliher, 2008).

c) *Plyometrics*

Plyometrics pada dasarnya adalah latihan untuk memperpendek siklus pemendekan otot. Seperti diketahui bahwa saat bergerak otot mengalami dua jenis gerakan, yaitu kontraksi dan relaksasi. Jadi saat relaksasi otot memproduksi energi untuk melompat. Saat otot memendek untuk kontraksi, maka saat itulah otot melepaskan energi elastisnya untuk melompat. *Plyometrics* pada dasarnya adalah latihan memperpendek siklus itu sehingga energi yang dihasilkan cukup besar. Contoh latihan *plyometric* adalah *skipping* dan *squat lunges* (Kelliher, 2008).

d) *Sprinting*

Sprinting adalah berlari dengan kecepatan penuh dengan jarak yang cukup dekat (Kelliher, 2008).

4. Hubungan olahraga anaerobik dengan tekanan intraokuler

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tekanan intraokuler, yaitu usia, jenis kelamin, ras, herediter, variasi diurnal, variasi musim, tekanan darah, olahraga (*exercise*), perubahan badan, hormonal, makanan dan obat-obatan, pergerakan bola mata, penutupan kelopak mata, inflamasi, dan operasi (Becker & Shaffer, 1999).

Olahraga memiliki pengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap organ tubuh setelah melakukan olahraga secara akut, menengah maupun dilakukan secara terus menerus. Olahraga pada umumnya menimbulkan efek yang baik bagi tubuh seseorang, namun tidak menutup kemungkinan jika olahraga justru akan menimbulkan efek yang negatif terhadap tubuh seseorang. Pada umumnya orang hanya membicarakan pengaruh olahraga yang baik terhadap organ jantung, paru paru dan otot tubuh. Namun sangat jarang membicarakan pengaruh olahraga terhadap organ mata.

Organ yang rentan mengalami cedera ketika berolahraga adalah organ mata (Poerwanto, 2010). Olahraga anaerobik adalah olahraga dengan intensitas cukup tinggi, dijelaskan pula bahwa intensitas olahraga dapat mempengaruhi tekanan intraocular (Ashkenazi, 1992).

Pada olahraga anaerobik akan melibatkan kontraksi otot yang cukup kuat, terutama jika kita melakukan *plank*. *Plank* adalah salah satu jenis dari olahraga anaerobik dengan suatu kontraksi dimana otot tidak mengalami perubahan panjang otot, jadi tubuh dipaksa untuk menahan dari beban berat tubuh itu sendiri. Keadaan tersebut akan menimbulkan kontraksi yang kuat pada otot tangan, otot dada dan otot perut. Hal ini akan menimbulkan peningkatan tekanan pada *intrathoraks* dan *intraabdomen*. Meningkatnya tekanan *intrathoraks*,

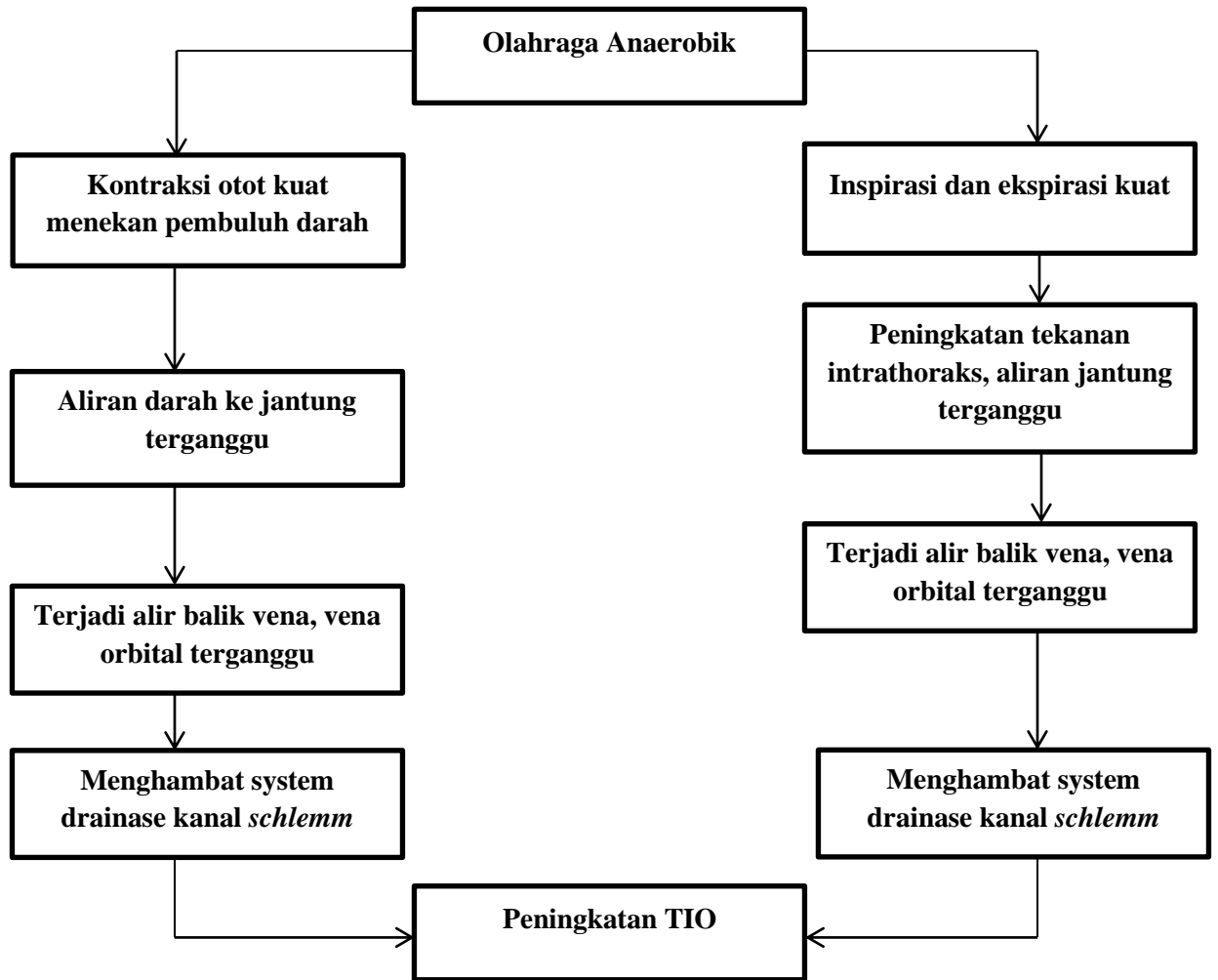
intraabdomen, dan kontraksi otot pada bagian atas tubuh akan memberikan penekanan pada vena dan arteri baik dari maupun menuju jantung (vasokonstriksi), sehingga akan mengurangi aliran darah baik dari maupun menuju jantung.

Pada kontraksi otot yang kuat akan menyebabkan vasokonstriksi yang kuat sehingga dapat menyebabkan aliran darah hampir berhenti. Penyebab berkurangnya aliran darah selama fase kontraksi otot adalah akibat dari tertekannya pembuluh darah oleh otot yang berkontraksi secara kuat pada saat *exercise* (Guyton & Hall, 1997).

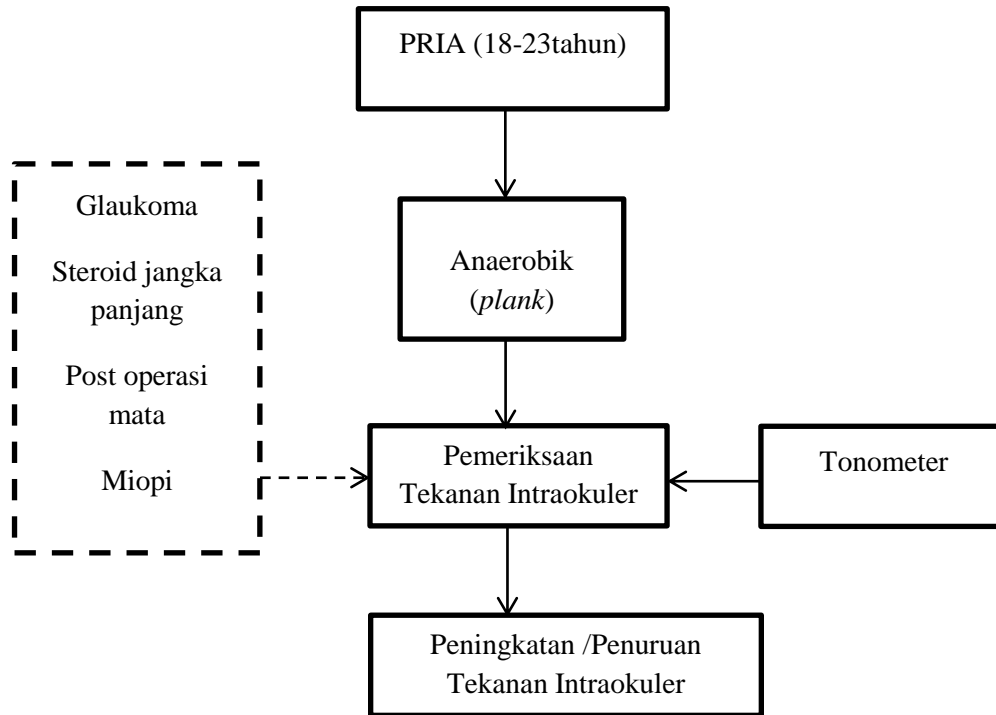
Faktor lain menyebutkan bahwa ketika melakukan olahraga anaerobik akan dilakukan usaha inspirasi dan ekspirasi yang kuat. Inspirasi dan ekspirasi yang kuat akan menimbulkan pula perubahan tekanan *intrathoraks* dan *intraabdomen*. Perubahan ini akan menyebabkan aliran darah dari maupun menuju jantung terganggu.

Jumlah alir balik vena selama melakukan kegiatan olahraga diatur oleh pompa otot (*muscle pump*), pompa respirasi (*respiration pump*), dan konstiksi vena (*venaconstriction*) (Foss & Keteyian, Fox's Physiological Basis For Exercise And Sport, 1998). Jika alir balik vena terganggu maka akan menyebabkan dorongan balik terhadap vena vena sebelumnya termasuk vena pada rongga mata, yang didalamnya termasuk kanal *schlemm*. Kanal *schlemm* adalah system

vena yang berdinding tipis yang meluas secara sirkumferensial keseluruhan arah pada mata (Guyton & Hall, 1997). Hal ini akan menimbulkan terganggunya aliran humor akuos pada system *drainase canal schlemm* (Vaughan, 2000). Resistensi aliran didalam jalinan trabecular dan pleksus episklera akan mempengaruhi tekanan intraokuler (Wybar & Muir, 1984). Sistem drainase yang terhambat akan mengakibatkan peningkatan tekanan intraokuler seperti yang terjadi pada saat melakukan olahraga anaerobik.

B. Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

H0 : Olahraga anaerobik tidak berpengaruh terhadap tekanan intraokuler.

H1 : Olahraga anaerobik berpengaruh terhadap tekanan intraokuler.