

**DEPARTEMEN ILMU KESEHATAN MATA  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS PADJAJARAN  
PUSAT MATA NASIONAL RUMAH SAKIT MATA CICENDO  
BANDUNG**

---

Sari Kepustakaan : Hidrodinamika Humor Akuos dan Tekanan Intraokular  
Penyaji : Anisa Vitriana  
Pembimbing : Dr. dr. Elsa Gustianty, SpM(K), M.Kes

Telah diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing

Dr. dr. Elsa Gustianty, SpM(K), M.Kes

Rabu, 07 April 2021

Pukul 07.30 WIB

## **I. Pendahuluan**

Humor akuos adalah cairan transparan yang mengisi bilik mata depan dan bilik mata belakang dari bola mata. Cairan ini memiliki volume 250  $\mu$ l dan bersifat dinamis. Humor akuos penting untuk menjaga fungsi beberapa struktur bola mata dan mempertahankan tekanan intraokular.<sup>1-3</sup>

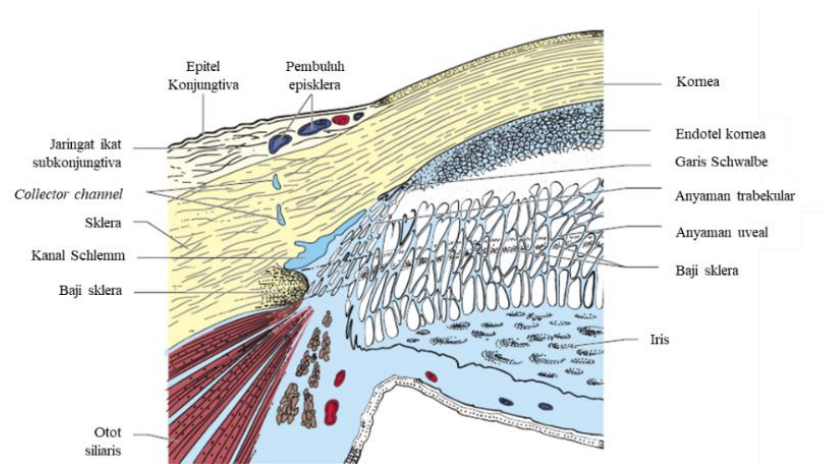
Keseimbangan hidrodinamika humor akuos yang meliputi produksi, sirkulasi, dan drainase, akan mempertahankan nilai Tekanan Intraokular (TIO) normal. Tekanan intraokular berfungsi mempertahankan bentuk bola mata sekaligus menjaga struktur bola mata agar tetap berada di tempatnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi variasi TIO setiap individu adalah faktor genetika, fisiologi, dan lingkungan.<sup>4,5</sup> Sari kepustakaan ini membahas mengenai fungsi, produksi, dan drainase dari humor akuos, kaitannya dengan tekanan intraokular serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

## **II. Fungsi dan Komposisi Humor Akuos**

Humor akuos merupakan cairan transparan yang mengisi bilik mata depan dan bilik mata belakang dari bola mata. Cairan ini merupakan sumber nutrisi utama untuk struktur-struktur mata yang tidak memiliki vaskularisasi seperti lensa dan kornea. Humor akuos juga berperan dalam pembuangan zat-zat sisa metabolisme struktur-struktur tersebut. Humor akuos yang jernih turut memegang peranan penting sebagai salah satu media refraksi mata.<sup>1,2,5</sup>

Humor akuos merupakan hasil ultrafiltrasi dari plasma namun memiliki komposisi yang berbeda dari plasma. Hal tersebut terjadi karena keberadaan sawar darah-akuos yang menghalangi molekul besar seperti protein untuk masuk ke dalam humor akuos. Sawar tersebut terdiri dari *tight junction* sel epitel siliar yang tidak berpigmentasi, pembuluh iris, dan jaringan endotel yang melapisi dinding bagian dalam kanal Schlemm. Proses transportasi aktif zat-zat di sel epitel siliar turut mempengaruhi komposisi humor akuos. Humor akuos memiliki kandungan protein yang 200 kali lebih rendah dan askorbat yang 20 kali lebih tinggi dari plasma. Kandungan protein yang rendah pada humor akuos berperan untuk menjaga kejernihannya, sedangkan kandungan askorbat yang tinggi berfungsi sebagai

antioksidan. Humor akuos sendiri memiliki sifat yang lebih hipertonis dan asam dibandingkan dengan plasma. Humor akuos memiliki komposisi ion, karbohidrat, protein dan zat-zat lainnya yang berbeda dengan plasma. Komponen klorida dan asam laktat pada humor akuos lebih tinggi dibandingkan dengan plasma. Kandungan natrium, bikarbonat, karbondioksida, dan glukosa humor akuos lebih rendah dari plasma. Komponen lain yang terdapat dalam humor akuos antara lain faktor pertumbuhan, beberapa enzim seperti *carbonic anhydrase*, *lysozyme*, *diamine oksigenase*, *plasminogen activator*, *dopamine b-hidroksilase*, dan fosfolipase A2, prostaglandin, *cyclic adenosine monophosphate* (cAMP), katekolamin, hormon steroid, dan asam hialuronat.<sup>1,2,5,6</sup>



**Gambar 1. Sudut bilik mata depan**

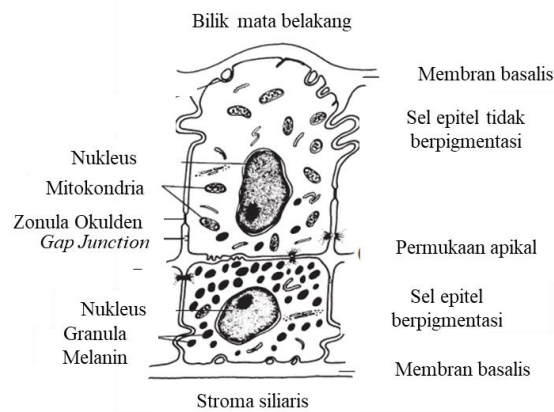
Dikutip dari: Forrester dkk.<sup>5</sup>

### III. Hidrodinamika Humor Akuos

Proses hidrodinamika humor akuos melibatkan struktur uvea pada bilik mata depan dan bilik mata belakang. Produksi humor akuos terdapat pada badan siliaris, tepatnya di prosesus siliaris. Humor akuos kemudian memasuki bilik mata belakang setelah diproduksi, lalu mengalir ke bilik mata depan melalui pupil. Proses drainase humor akuos berada pada sudut bilik mata depan melalui jalur konvensional dan jalur nonkonvensional.<sup>1,2,4,5</sup>

### 3.1 Produksi Humor Akuos

Prosesus siliaris merupakan bagian dari badan siliaris yang menjorok ke bilik mata belakang dan berfungsi untuk memproduksi humor akuos. Masing-masing prosesus siliaris terdiri dari stroma pada bagian tengah dan lapisan epitel ganda pada bagian luarnya, seperti yang dapat terlihat pada Gambar 2. Stroma merupakan jaringan ikat longgar yang memiliki pembuluh kapiler terfenestrasi. Lapisan epitel berpigmentasi terdapat pada lapisan luar dan berbatasan dengan stroma, sedangkan lapisan epitel tidak berpigmentasi berada pada bagian dalam yang menghadap ke bilik mata belakang.<sup>3-6</sup>

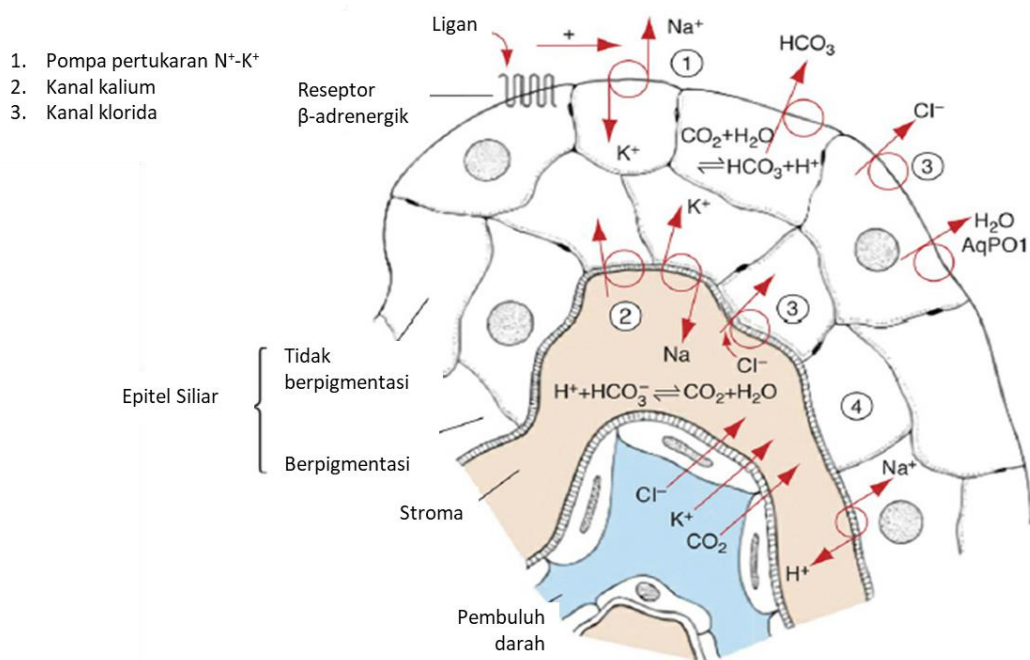


**Gambar 2. Struktur epitelium prosesus siliaris**

Dikutip dari: Girkin dkk.<sup>4</sup>

Sekresi humor akuos terjadi melalui tiga tahapan, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Tahapan pertama adalah pengambilan air dan zat-zat terlarut dari plasma kapiler ke stroma dan ruang interstitial epitel berpigmentasi. Tahapan kedua terdiri dari perpindahan ion-ion yang disusul dengan osmosis air dari reservoir plasma di stroma ke basolateral sel epitel tidak berpigmentasi. Cairan tersebut akan mengalir dari bagian basolateral sel epitel tidak berpigmentasi ke bilik mata belakang. Tahapan terakhir adalah penambahan substansi yang diperlukan humor akuos untuk menjalankan fungsi metabolismenya. Asam amino dan askorbat memasuki humor akuos melalui proses transportasi aktif. Akuos humor juga mendapatkan komponen oksigen dan glukosa melalui proses difusi terfasilitasi.<sup>1,5-7</sup>

Proses produksi humor akuos tersebut melalui tiga proses fisiologis, yaitu ultrafiltrasi, difusi, dan sekresi aktif. Proses difusi dan ultrafiltrasi merupakan proses yang pasif dan tidak memerlukan energi, sedangkan proses sekresi aktif membutuhkan energi. Difusi dan ultrafiltrasi berperan untuk membuat reservoir dari ultrafiltrat plasma ke dalam stroma dan ruang interstitial dari sel epitel berpigmentasi. Proses difusi dapat terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara zat-zat terlarut dalam cairan bilik mata belakang dan plasma kapiler sehingga terjadi pergerakan pasif dari ion-ion ke dalam humor akuos. Perbedaan tekanan antara sel epitel badan siliaris dan lingkungan luarnya menyebabkan proses ultrafiltrasi dapat terjadi.<sup>4,6</sup>



**Gambar 3. Mekanisme sekresi humor akuos**

Dikutip dari: Forrester dkk<sup>5</sup>

Sekresi aktif memegang peranan terbesar dalam pembentukan humor akuos, yaitu sekitar 80-90%. Proses ini tidak terpengaruh oleh perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar sel epitel. Pergerakan zat-zat dari epitel siliar ke bilik mata belakang akan melawan perbedaan tekanan osmotik dan hidrostatik. Sekresi dimulai dengan transpor aktif ion natrium melalui kanal  $\text{Na-K-ATPase}$  ke dalam

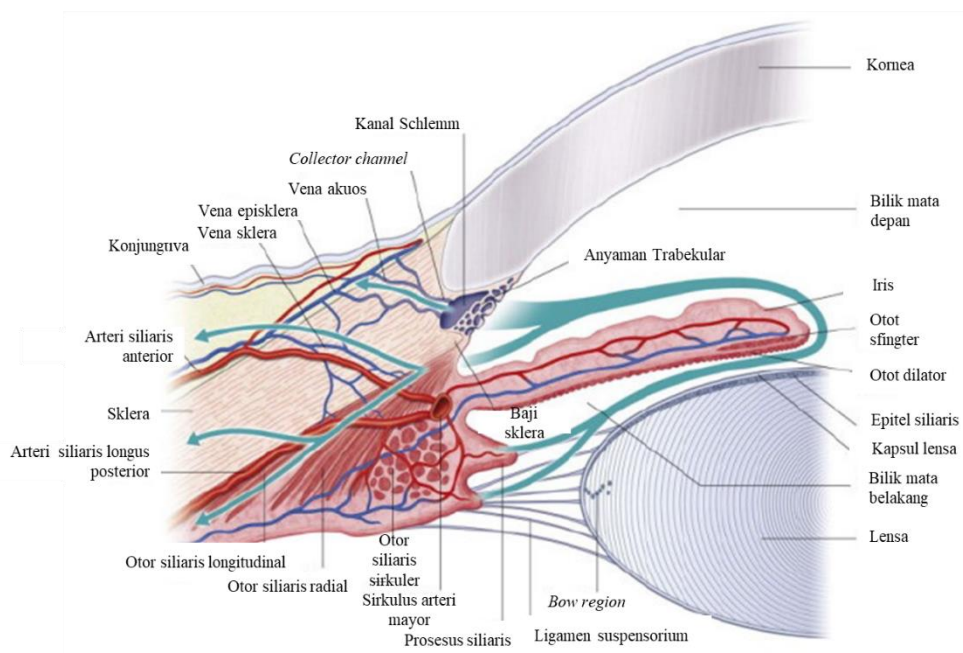
ruang basolateral sel epitel tidak berpigmentasi. Keberadaan ion natrium di ruang basolateral sel epitel tidak berpigmentasi menyebabkan ion klorida masuk ke ruang tersebut. Bikarbonat lalu memasuki ruang basolateral sel epitel tidak berpigmentasi dengan cara bertukar tempat dengan ion klorida. Ion natrium dan bikarbonat menyebabkan tekanan osmotik di ruang basolateral sel epitel tidak berpigmentasi menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kapiler. Hal tersebut menyebabkan terjadinya osmosis air ke ruang basolateral sel epitel tidak berpigmentasi. Enzim *carbonic anhydrase* banyak terdapat pada sel epitel tidak berpigmentasi. Enzim ini menyediakan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) yang memegang peranan penting dalam proses transportasi aktif pada produksi humor akuos.<sup>1,4,6</sup>

### 3.1.1 Regulasi Produksi Humor Akuos

Kecepatan sekresi humor akuos adalah 2-3  $\mu\text{L}/\text{menit}$ . Ritme sirkadian mempengaruhi kecepatan produksi humor akuos. Kecepatan sekresi humor akuos lebih rendah pada malam hari, yaitu 1  $\mu\text{L}/\text{menit}$ . Aktivitas diurnal sistem simpatis dan pengaruh hormon melatonin mempengaruhi ritme sirkadian produksi humor akuos.<sup>1,2,8,9</sup>

Beberapa faktor juga mempengaruhi kecepatan produksi humor akuos, antara lain integritas sawar darah-akuos, aliran darah pada kapiler badan siliaris, dan pengaturan sistem saraf otonom pada badan siliaris. Kerusakan pada sawar darah-akuos seperti pada kondisi peradangan mempermudah beberapa zat yang berada dalam darah bercampur dengan cairan di dalam mata sehingga menyebabkan komposisi humor akuos menyerupai plasma. Proses peradangan tersebut juga mengganggu proses transportasi aktif beberapa zat pada prosesus siliaris sehingga menyebabkan penurunan produksi humor akuos. Peningkatan vaskularisasi badan siliaris akan meningkatkan produksi humor akuos dan begitu pula sebaliknya. Otot dan pembuluh darah badan siliaris memiliki persarafan otonom yang dimediasi oleh reseptor kolinergik dan adrenergik. Prosesus siliaris juga memiliki reseptor adrenergik yang turut mengatur produksi humor akuos. Stimulasi simpatis pada reseptor  $\beta$ -adrenergik meningkatkan produksi humor akuos, sedangkan stimulasi pada reseptor  $\alpha_2$ -adrenergik akan menurunkan produksi humor akuos.<sup>2,4-6</sup>

Produksi humor akuos akan menurun seiring dengan bertambahnya usia. Produksi humor akuos menurun 2,4-3,2% setiap dekadanya pada individu berusia diatas 10 tahun. Kondisi pasca trauma atau peradangan intraokular juga dapat menurunkan produksi humor akuos. Pemberian beberapa jenis obat diluar obat-obatan glaukoma seperti bius umum dan obat-obatan yang menurunkan tekanan darah juga dapat menurunkan produksi humor akuos.<sup>2,4</sup>



**Gambar 4. Drainase humor akuos**

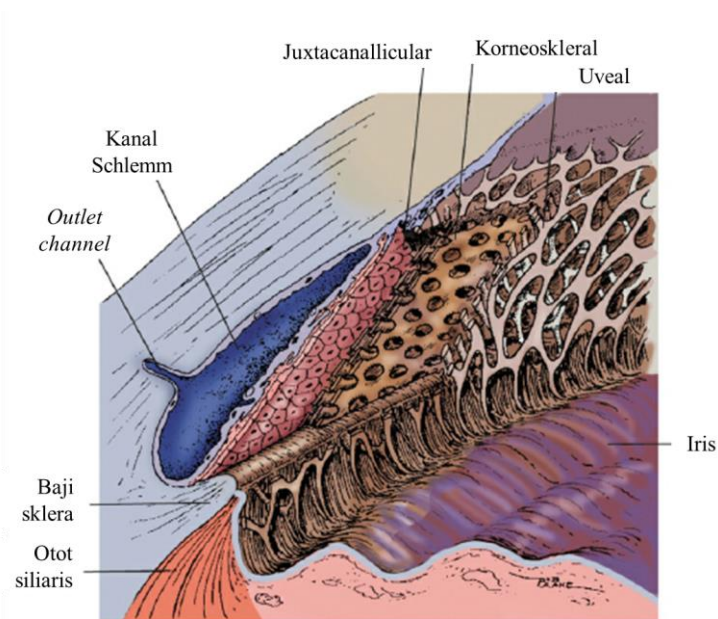
Dikutip dari: Levin dkk<sup>6</sup>

### 3.2 Drainase Humor Akuos

Aliran drainase humor akuos memiliki kecepatan sekitar 2,5  $\mu\text{L}/\text{menit}$ . Proses drainase humor akuos melalui dua mekanisme, yaitu jalur konvensional atau trabekular dan jalur nonkonvensional. Jalur konvensional menyumbang lebih dari 50% dari total drainase dan kecepatannya dipengaruhi perbedaan TIO dan vaskularisasi. Jalur nonkonvensional, terutama jalur uveosklera, menyumbang 25-55% dari total drainase humor akuos dan pada prosesnya tidak dipengaruhi oleh perbedaan tekanan. Perbandingan rute aliran humor akuos jalur konvensional dan nonkonvensional dapat dilihat pada Gambar 4.<sup>4-6,10</sup>

### 3.2.1 Jalur Trabekular

Struktur mata yang terlibat dalam jalur trabekular adalah anyaman trabekular, kanal Schlemm, 30 *collecting channel*, 12 vena akuos, dan vena episklera. Anyaman trabekular terbagi menjadi tiga lapisan, yaitu uveal trabekular yang berbatasan langsung dengan bilik mata depan, anyaman korneoskleral, dan *juxtacanalicular* yang melapisi dinding dalam kanal Schlemm. Anyaman trabekular berfungsi sebagai katup satu arah yang mengalirkan akuos keluar dari mata, tetapi membatasi aliran baliknya ke dalam mata.<sup>3,4,7,10</sup>



**Gambar 5. Struktur anyaman trabekular**

Dikutip dari: Levin dkk<sup>6</sup>

Humor akuos pada bilik mata depan memasuki kanal Schlemm setelah melewati filtrasi dari anyaman trabekular. Aliran humor akuos dari kanal Schlemm masuk ke *collector channel* atau langsung ke vena akuos. Humor akuos kemudian mengalir ke pleksus vena intraskleral dan episklera sebelum akhirnya memasuki vena siliaris anterior dan vena oftalmik superior. Aliran humor akuos berakhir pada sinus kavernosus. Mekanisme pompa mekanik membantu aliran humor akuos untuk keluar melalui kanal Schlemm dan struktur-struktur setelahnya. Pompa tersebut dapat bekerja ketika terjadi tekanan darah sistol, saat mata mengedip atau saat bola mata bergerak.<sup>4-6</sup>



Resistensi dari jalur trabekular yang dilewati humor akuos akan mempengaruhi kecepatan drainasenya. Faktor-faktor yang mempengaruhi resistensi dari jalur trabekular adalah dinding bagian dalam kanal Schlemm, sel-sel trabekular, dan tonus otot siliaris. Resistensi utama drainase humor akuos berasal dari dinding dalam kanal Schlemm. Perubahan tekanan yang diterima oleh reseptor mekanik dari anyaman trabekular akan menyebabkan perubahan susunan dari matriks ekstraselular yang akan mempengaruhi resistensi jalur aliran humor akuos. Permukaan anyaman trabekular memiliki sel fagosit berupa sel retikuloendotelial yang dapat membersihkan debris agar dapat diabsorpsi dan ikut mengalir bersama humor akuos. Tendon otot siliaris longitudinal masuk ke bagian luar piringan anyaman trabekula. Kontraksi otot siliaris akan menyebabkan pori-pori anyaman trabekular menjadi lebih lebar sehingga membuka jalan untuk humor akuos untuk masuk ke dalam kanal Schlemm.<sup>6,10</sup>

### **3.2.2 Jalur Nonkonvensional**

Drainase humor akuos pada jalur nonkonvensional terdiri dari dua jalur. Jalur pertama adalah jalur uveosklera yang melalui pada pangkal iris dan permukaan anterior badan siliar. Jalur kedua melalui jalur uveovorteks yang mengalirkan cairan akuos ke vena vorteks melalui koroid.<sup>1,2,11</sup>

Jalur uveosklera memegang proporsi utama pada jalur nonkonvensional dan menyumbang 35-55% dari total drainase humor akuos. Proporsi ini tergantung pada kondisi kesehatan dan usia seorang individu. Humor akuos yang mengalir dari bilik mata depan akan memasuki sela-sela serat otot siliaris sebelum akhirnya masuk ke dalam ruang suprasiliar dan suprakoroid. Aliran humor akuos kemudian masuk dan melewati sklera melalui pori-pori sklera di sekeliling pembuluh darah dan saraf atau langsung melewati kolagen sklera. Humor akuos lalu keluar dari mata melalui pembuluh koroid dan limfatik. Tempat utama terjadinya resistensi aliran humor akuos pada jalur uveosklera adalah otot siliaris. Kontraksi otot siliaris menyebabkan penyempitan pada ruang antar-serat otot sehingga menurunkan aliran akuos dan begitu pula sebaliknya.<sup>2,4,5,12</sup>

Sebagian kecil humor akuos yang memasuki otot siliaris akan masuk ke dalam koroid melalui proses osmosis. Aliran humor akuos ini selanjutnya masuk ke vena vorteks sehingga jalur ini bernama jalur uveovorteks. Mekanisme aliran ini terjadi akibat kandungan protein plasma yang lebih tinggi sehingga cairan akan mengalir dari uvea ke pembuluh vena.<sup>2,11</sup>

### **3.2.3 Regulasi Drainase Humor Akuos**

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi aliran drainase humor akuos adalah segala sesuatu yang berkontribusi dalam resistensi jalur aliran drainase humor akuos. Aliran drainase humor akuos, baik melalui jalur konvensional maupun nonkonvensional, akan menurun seiring bertambahnya usia. Jumlah sel-sel trabekular berkurang dan membran basalis di bawahnya menjadi lebih tebal saat usia bertambah sehingga meningkatkan resistensi aliran keluar humor akuos.<sup>2,4,11</sup>

Kondisi trauma dan peradangan dapat mengubah struktur anyaman trabekular sehingga menurunkan drainase humor akuos. Komposisi humor akuos yang menjadi lebih menyerupai plasma saat kondisi peradangan atau trauma turut menurunkan drainase humor akuos. Sistem saraf otonom mengatur drainase humor akuos. Stimulasi parasimpatis menyebabkan kontraksi otot siliaris yang meningkatkan drainase humor akuos melalui jalur konvensional. Stimulasi simpatis melalui epinefrin terhadap reseptor  $\beta$  adrenergik juga menstimulasi relaksasi otot siliaris sehingga menyebabkan peningkatan drainase humor akuos melalui jalur uveosklera.<sup>2,4,6</sup>

Beberapa hormon dan substansi lain turut mempengaruhi resistensi jalur drainase humor akuos. Prostaglandin akan menstimulasi drainase humor akuos melalui jalur uveosklera. Hormon kortisol menyebabkan peningkatan resistensi drainase humor akuos pada anyaman trabekular sehingga menurunkan drainase humor akuos. Hormon-hormon yang meningkat pada saat kehamilan seperti progesteron, estrogen, dan relaksin juga dapat meningkatkan fasilitas aliran keluar humor akuos.<sup>2,4,6,12</sup>

#### IV. Tekanan Intraokular

Tekanan intraokular adalah nilai tekanan cairan yang berada dalam bola mata. Nilai TIO rata-rata pada populasi ras kaukasia adalah 15,5 mmHg dengan standar deviasi 2,6. Definisi dari nilai TIO normal adalah TIO diatas dua standar deviasi dari TIO rata-rata. Nilai TIO 21 mmHg menjadi batasan nilai normal dari TIO.<sup>4,13</sup>

Terdapat variasi sensitivitas struktur mata seseorang terhadap nilai TIO. Pada orang yang rentan terhadap glaukoma, nilai normal TIO dapat didefinisikan sebagai tekanan yang tidak menyebabkan neuropati pada diskus optik. Peningkatan TIO tetap menjadi resiko utama dalam progresivitas glaukoma sehingga penurunan TIO dijadikan sebagai tujuan utama dalam penatalaksanaan glaukoma.<sup>2,4</sup>

##### 4.1 Hubungan Hidrodinamika Humor Akuos dan Tekanan Intraokular

Keseimbangan antara produksi dan drainase humor akuos akan mempertahankan TIO yang normal. Faktor-faktor yang menentukan TIO terdapat pada rumus Goldmann yang meliputi kecepatan produksi humor akuos, resistensi jalur drainase akuos, dan tekanan vena episklera. Rumus Goldmann yang telah dimodifikasi merangkum hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan intraokular, yaitu sebagai berikut:

$$P_0 = (F - U)/C + P_v$$

dimana  $P_0$  adalah TIO dalam mmHg,  $F$  merupakan kecepatan pembentukan humor akuos dalam mikroliter per menit ( $\mu\text{L}/\text{menit}$ ),  $U$  adalah kecepatan drainase humor akuos melalui jalur uveoskleral dalam mikroliter per menit ( $\mu\text{L}/\text{menit}$ ),  $C$  merupakan drainase humor akuos melalui jalur trabekular dalam mikroliter per menit ( $\mu\text{L}/\text{menit}$ ) dan  $P_v$  adalah tekanan vena episklera dalam mmHg.<sup>1,2,4,6</sup>

Peningkatan produksi humor akuos tanpa ada keseimbangan dari drainase dapat menyebabkan peningkatan TIO. Drainase humor akuos yang berkurang juga akan menyebabkan peningkatan TIO. Aliran humor akuos melalui jalur trabekular akan menurun apabila terdapat peningkatan resistensi jalur drainase dan peningkatan tekanan vena episklera.<sup>1,2,6</sup>

Tekanan vena episklera biasanya berada dalam kondisi stabil, kecuali pada saat terjadi perubahan posisi tubuh tertentu atau kondisi tertentu yang menyumbat aliran

vena ke jantung. Tekanan vena episklera memiliki nilai normal 6–9 mmHg. Setiap peningkatan 1 mmHg di vena episklera akan meningkatkan TIO sebesar kurang lebih 1 mmHg, berdasarkan rumus Goldmann.<sup>1,2</sup>

#### **4.2 Faktor yang Mempengaruhi Tekanan Intraokular**

Faktor-faktor yang mempengaruhi TIO secara umum dibagi menjadi tiga kategori, yaitu faktor genetika, lingkungan, dan fisiologis. Regulasi TIO diduga berkaitan dengan faktor genetika karena dari beberapa penelitian ditemukan terdapat gen yang berkontribusi dalam variasi TIO pada seorang individu. Faktor lingkungan yang mempengaruhi TIO dapat dikategorikan menjadi faktor fisik, merokok, dan obat-obatan. Faktor fisik seperti udara dingin menurunkan TIO melalui mekanisme penurunan tekanan vena episklera. Beberapa jenis obat seperti antikolinergik dan kortikosteroid dapat meningkatkan TIO melalui peningkatan resistensi fasilitas jalur keluar humor akuos. Obat-obatan lain seperti *carbonic anhydrase inhibitor*, antagonis  $\beta$ -adrenergik, dan agonis  $\alpha$ 2-adrenergik menurunkan TIO dengan cara menurunkan produksi humor akuos. Merokok dapat meningkatkan kenaikan sementara dari TIO melalui mekanisme vasokonstriksi. Konsumsi alkohol dapat menyebabkan penurunan sementara dari TIO akibat penurunan produksi humor akuos.<sup>2,4</sup>

Peningkatan TIO juga terjadi apabila terdapat peningkatan tekanan vena episklera atau terjadi penekanan pada bola mata. Hal-hal yang dapat menyebabkan peningkatan tekanan vena episklera sendiri adalah segala sesuatu yang menghambat aliran baliknya seperti saat posisi berbaring, manuver valsava, atau apabila terjadi obstruksi pada vena sentral. Penekanan pada bola mata dapat terjadi pada blefarospasme dan saat memicingkan mata atau menangis.<sup>2,4,9</sup>

Secara fisiologis TIO pada wanita rata-rata sedikit lebih tinggi dibandingkan pada pria. Tekanan intraokular juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya usia. Indeks Masa Tubuh (IMT) turut mempengaruhi TIO. Individu dengan obesitas memiliki risiko lebih tinggi untuk memiliki nilai TIO tinggi. Pada kondisi hamil terdapat penurunan TIO yang dipengaruhi oleh hormon-hormon kehamilan.<sup>2,4,7,9</sup>

Tekanan intraokular pada seorang individu tidak memiliki nilai yang fluktuatif pada periode waktu tertentu. Fluktuasi TIO dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan periode waktu. Fluktuasi instan adalah perbedaan TIO dalam beberapa detik sedangkan fluktuasi diurnal-nokturnal adalah perbedaan TIO dalam satu hari. Terdapat fluktuasi jangka pendek dimana terdapat perbedaan TIO dalam kurun beberapa hari sampai minggu serta fluktuasi jangka panjang, yaitu perbedaan TIO dalam beberapa bulan sampai tahun. Struktur mata masih dapat melakukan proses kompensasi saat terjadi fluktuasi TIO yang singkat dan dalam periode tertentu. Proses kompensasi tersebut menjadi tidak optimal apabila terjadi fluktuasi TIO yang terjadi dalam jangka panjang dan tidak teratur.<sup>4,12,14</sup>

## **V. Simpulan**

Keseimbangan antara produksi dan drainase humor akuos menghasilkan tekanan intraokular normal yang diperlukan untuk mempertahankan bentuk bola mata dan menjaga struktur bola mata dalam menjalankan fungsinya. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi regulasi tekanan intraokular melalui regulasi dinamika humor akuos, yaitu faktor genetika, fisiologis, dan lingkungan. Pemahaman mengenai mekanisme regulasi produksi dan drainase humor akuos penting untuk mengintervensi nilai tekanan intraokular agar mencapai nilai yang normal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Brar VS, Law SK, Lindsey JL, Mackey DA, Schuitze RL, Singh RSJ, *et al.* Fundamentals and principles of ophthalmology. Dalam: Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA, editor. 2019-2020 BCSC: Basic and clinical science course. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 314–324.
2. Allingham RR. Shields' textbook of glaucoma. Edisi ke-6. Vol. 95, Lippincott Williams & Wilkins. 2012. hlm. 1–66.
3. Riordan-Eva P, Augsburger JJ. Vaughan & asbury's general ophthalmology. Edisi ke-19. McGraw-Hill Education; 2017. hlm. 523–524.
4. Girkin CA, Bhorade AM, Crowston JG, Giaconi JA, Medeiros FA, Sit AJ, *et al.* Glaucoma. Dalam: Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA, editor. 2019-2020 BCSC: Basic and clinical science course. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 13–27.
5. Forrester J V, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Eric Pearlman BS. The eye: basic sciences in practice. Edisi ke-4. Elsevier Health Sciences; 2015. hlm. 222–228.
6. Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve J V, Wu S, Kaufman PL, Alm A. Adler's physiology of the eye. Edisi ke-11. Elsevier Health Sciences; 2011. hlm. 580–627.
7. Morrison JC, Pollack IP. Glaucoma: science and practice. New York: Thieme; 2011. hlm. 29–40.
8. Alkozi H, Sánchez-Naves J, de Lara MJP, Carracedo G, Fonseca B, Martínez-Aguila A, *et al.* Elevated intraocular pressure increases melatonin levels in the aqueous humour. *Acta Ophthalmol.* 2017;95(3):e185–9.
9. Kim YW, Park KH. Exogenous influences on intraocular pressure. *Br J Ophthalmol.* 2019 Sep 1;103(9):1209 LP – 1216.
10. Hall JE, Guyton AC. Guyton and hall Textbook of medical physiology. Edisi ke-12. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2011. hlm. 606–608.
11. Johnson M, McLaren JW, Overby DR. Unconventional aqueous humor outflow: a review. Vol. 158, *Experimental Eye Research.* Academic Press; 2017. hlm. 94–111.
12. Guidoboni G, Harris A, Sacco R. Ocular fluid dynamics: anatomy, physiology, imaging techniques, and mathematical modeling. Cham: Springer International Publishing; 2019. hlm. 161–190.
13. Society EG. Terminology and guidelines for glaucoma. Edisi ke-5. Savona; 2020. hlm. 53–59.
14. Kim JH, Caprioli J. Review article intraocular pressure fluctuation : Is it important ? *J Ophthalmic Vis Res.* 2018;13(2):170–4.