

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

Sari Kepustakaan : Struktur, Fungsi, dan Biokimia Permukaan Okular
Penyaji : Yasir Hady
Pembimbing : Angga Fajriansyah, dr., SpM(K)

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing

Angga Fajriansyah, dr., SpM(K)

Jumat, 23 Oktober 2020

Pukul 07.30 WIB

I. Pendahuluan

Permukaan okular merupakan lapisan terluar mata terdiri dari palpebra, lapisan air mata, konjungtiva, kornea, dan sklera. Permukaan okular berperan dalam produksi dan drainase air mata. Kejernihan optik memerlukan permukaan okular yang normal.¹⁻³

Permukaan okular berfungsi melindungi struktur intraokular, memberikan kontribusi pada kekuatan refraksi, dan memfokuskan cahaya pada retina. Fungsi proteksi permukaan okular merupakan pertahanan anatomis dan imunologis untuk melindungi mata dari infeksi. Pertahanan anatomis dan imunologis melibatkan sifat biokimia permukaan okular.^{1,2,4}

Sifat biokimia mempertahankan fungsi permukaan okular dan mengalami perubahan dalam kondisi patologis. Perubahan sifat biokimia mengganggu struktur permukaan okular sehingga mengakibatkan gangguan fungsi penglihatan. Tujuan sari kepustakaan ini adalah untuk membahas mengenai struktur, fungsi, dan biokimia permukaan okular.³⁻⁵

II. Struktur Permukaan Okular

Permukaan okular terdiri dari palpebra, lapisan air mata, konjungtiva, kornea, dan sklera. Permukaan okular bekerja secara bersamaan untuk melindungi struktur intraokular. Sifat biokimia permukaan okular mendasari kelangsungan fungsi permukaan okular.^{1,2,4}

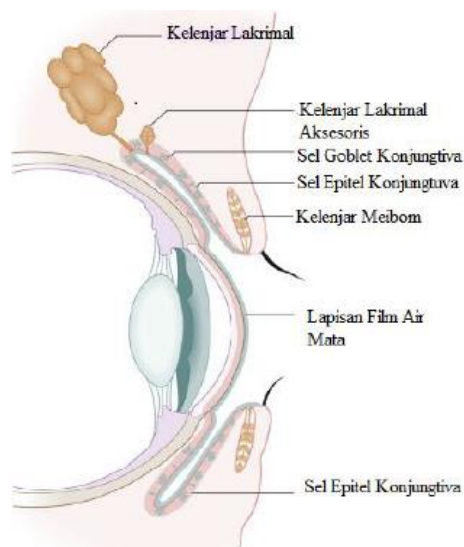
2.1. Palpebra dan Unit Fungsional Lakrimal

Palpebra berfungsi untuk melindungi mata, mendistribusikan air mata, membantu produksi air mata, membersihkan permukaan okular secara mekanik, dan mengatur paparan cahaya untuk mata. Palpebra terdiri dari kulit, jaringan ikat subkutan, tarsus, otot, dan konjungtiva. Ketebalan kulit palpebra bervariasi dari 0,5 mm pada tepi palpebra hingga 1 mm pada rima orbita.^{1,5,6}

Epidermis pada palpebra memiliki beberapa lapisan yang terdiri dari epitel pipih berlapis berkeratin dan tidak berkeratin. Epidermis terletak pada tepi palpebra perbatasan mukokutan sepanjang baris orifisium kelenjar meibom. Kulit palpebra

memiliki kelenjar minyak holokrin, kelenjar keringat ekrin, kelenjar Moll, dan kelenjar Zeis.⁵⁻⁷

Unit fungsional lakrimal terdiri dari kelenjar lakrimal, permukaan okular, dan palpebra yang terhubung melalui saraf sensoris dan motorik. Unit fungsional lakrimal berfungsi mengatur lubrikasi, antimikroba, nutrisi, menjaga kejernihan kornea, dan menjaga kualitas bayangan menuju retina.^{1-3,6}



Gambar 2.1. Potongan melintang palpebra

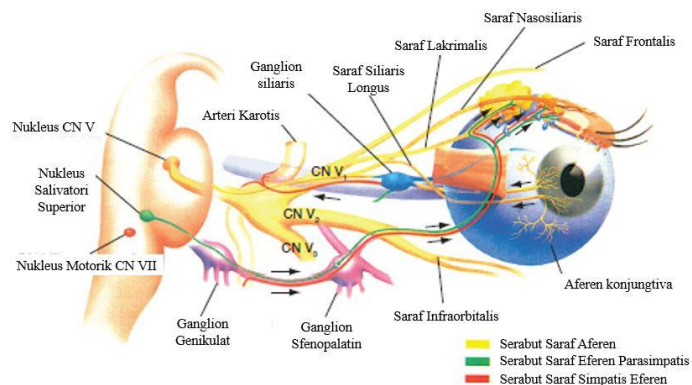
Dikutip dari: Levin LA.⁸

Saraf aferen unit fungsional lakrimal bersinaps di batang otak dengan saraf otonom dan motorik. Saraf otonom dan motorik disebut saraf eferen. Serabut saraf otonom mempersarafi otot orbikularis untuk mengedip. Kelenjar meibom mengeluarkan lipid dan menyebarkan air mata sepanjang kornea saat mengedip, sedangkan kelebihan air mata mengalir ke pungtum lakrimal.^{1,3,7,8}

2.2. Lapisan Air Mata

Lapisan air mata melapisi permukaan kornea yang tidak rata dan konjungtiva bulbar. Lapisan air mata tersebar sepanjang tepi meniskus air mata. Lapisan air mata terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan lipid dan lapisan mukoakuos. Lipid dihasilkan oleh kelenjar meibom. Lapisan mukoakuos merupakan gel yang terdiri dari musin terlarut dan komponen akuos. Komponen musin dihasilkan oleh sel goblet.

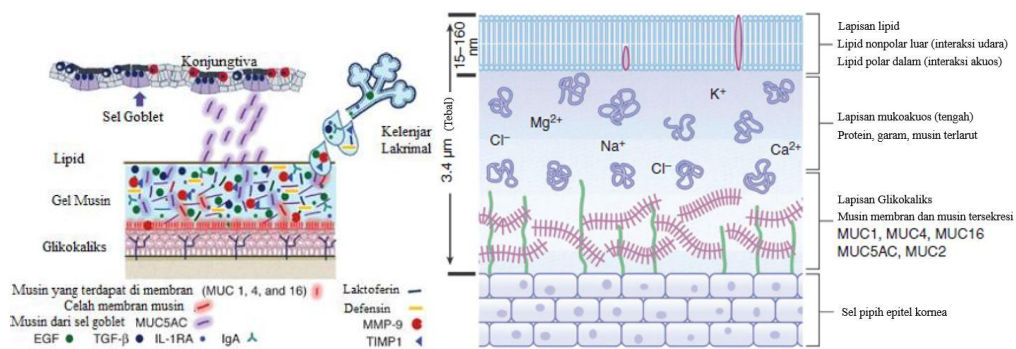
Komponen akuos dihasilkan oleh kelenjar lakrimal. Glikokaliks berperan sebagai perantara lapisan mukoakuos dengan sel epitel permukaan kornea. Air mata secara umum mengandung lipid, elektrolit, air, dan protein yang terdiri dari musin, enzim, glikoprotein, dan imunoglobulin.^{2,5,7,9}



Gambar 2.2. Saraf sensoris dan motorik pada unit fungsional lakrimal

Dikutip dari: Weisenthal RW.¹

Perbedaan indeks refraksi antara udara dan lapisan air mata berperan sebagai elemen refraktif utama pada mata. Lapisan air mata mempertahankan permukaan okular tetap halus dengan melumas kornea dan konjungtiva. Lapisan air mata menjaga kornea tetap lembab, menjaga kornea terhidrasi saat berkedip, dan memfasilitasi difusi oksigen.^{1,2,9}



Gambar 2.3. Skematik lapisan air mata

Dikutip dari: Levin LA.⁸

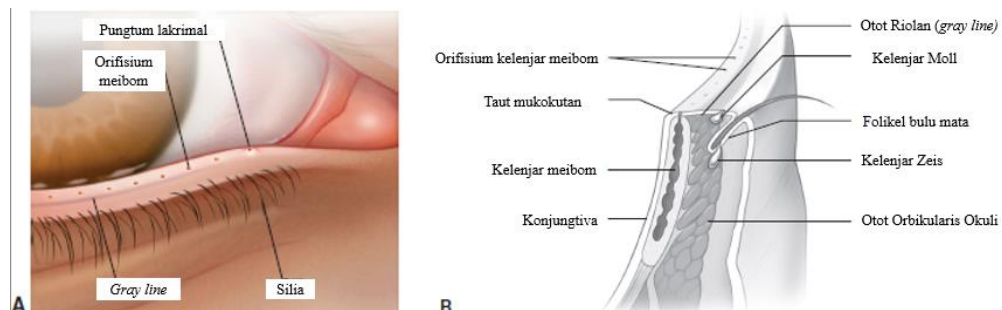
Lapisan air mata berperan sebagai media untuk membuang iritan, kotoran, dan patogen. Lapisan air mata mengandung lisozim, laktoferin, defensin, dan imunoglobulin untuk aktivitas anti bakterial. Air mata dapat mendilusi toksin maupun alergen menuju ke pungtum lakrimal.^{2,7,9}

2.2.1. Lapisan Lipid

Lapisan lipid merupakan lapisan terluar dari lapisan air mata. Lapisan lipid berfungsi memperlambat evaporasi air mata, memberikan kontribusi terhadap sifat optik dari lapisan air mata, menurunkan ketegangan permukaan, dan mencegah kerusakan kulit tepi palpebra. Lapisan lipid mempertahankan sifat hidrofobik yang mencegah evaporasi air mata sehingga menjaga lapisan air mata tetap utuh.^{6,8,10}

Lapisan lipid memiliki tebal 43 nm. Lapisan lipid mengandung lipid polar dan nonpolar dalam banyak lapisan dengan komposisi lipid yang kompleks. Fosfolipid ampifilik polar berinteraksi dengan lapisan mukoakuos. Lapisan lipid hidrofobik nonpolar menempati lapisan terluar pada interaksi udara-mata.⁷⁻⁹

Palpebra superior memiliki 30-40 kelenjar meibom dan palpebra inferior memiliki 20-30 kelenjar meibom. Orifisium kelenjar meibom terbuka ke arah kulit tepi palpebra, di antara *gray-line* tarsal dan persimpangan mukokutaneus. Kelenjar Zeis juga mengeluarkan lipid. Kelenjar Zeis terletak di tepi palpebra dekat dengan akar bulu mata dan sekresinya bergabung ke dalam lapisan air mata.^{3,7,9}



Gambar 2.4. Batas anatomi dari tepi palpebra bawah (A) *Gray-line* (B) Tepi palpebra bawah

Dikutip dari: Brar VS.¹¹

2.2.2. Lapisan Mukoakuos

Lapisan mukoakuos berfungsi membawa oksigen ke epitel kornea. Lapisan ini menjaga komposisi elektrolit pada epitel permukaan okular dan sebagai pertahanan antibakteri dan antivirus. Lapisan mukoakuos meratakan permukaan kornea, mengubah epitel kornea menjadi lapisan hidrofilik, mengurangi tegangan permukaan, dan melumas kulit palpebra saat berkedip.^{5,7,8,10}

Kelenjar lakrimal utama dan aksesori menyekresi komponen akuos. Kelenjar lakrimal utama dibagi menjadi 2 bagian anatomis, lobus orbita dan lobus palpebra yang dibatasi oleh *lateral horn* dari levator aponeurosis. Kelenjar lakrimal aksesori terdiri dari kelenjar Krause dan kelenjar Wolfring. Kecepatan sekresi komponen akuos sekitar 2–3 mL / hari.^{3,10,11}

Komponen akuos terdiri dari elektrolit, air, dan protein. Elektrolit Na⁺, K⁺, dan Cl⁻ mengatur aliran osmotik cairan dan permeabilitas membran lapisan air mata sehingga berkontribusi pada kejernihan kornea. Bikarbonat (HCO₃⁻) sebagai *buffer* pH berfungsi mengatur pH air mata. Elektrolit Fe²⁺, Cu²⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, dan PO₄³⁻ memiliki peran sebagai kofaktor enzim. Air mata mengandung zat terlarut yang terdiri dari urea, glukosa, laktat, sitrat, askorbat, dan asam amino. Zat terlarut memasuki lapisan mukoakuos lapisan air mata melalui sirkulasi sistemik dan memiliki konsentrasi yang sama dengan serum.^{3,9,10}

Protein dalam lapisan air mata terdiri dari imunoglobulin A (IgA) dan IgA sekretori (sIgA). IgA memiliki peran dalam mekanisme pertahanan tubuh lokal pada mata eksternal. Kadar IgA dan imunoglobulin G (IgG) akan meningkat saat terjadi inflamasi pada mata. Imunoglobulin lain dalam air mata adalah imunoglobulin M (IgM), imunoglobulin D (IgD), dan imunoglobulin E (IgE). Lapisan mukoakuos memiliki zat antimikroba antara lain lisozim, laktoferin, grup-II fosfolipase A₂, lipokalin, defensin, dan interferon. Lapisan mukoakuos mengandung sitokin dan *growth factor* yang berperan dalam proliferasi, migrasi, diferensiasi sel epitel kornea, dan membantu proses penyembuhan luka pada permukaan okular.^{3,5,9,10}

Komponen musin melapisi mikroplika epitel kornea superfisial. Komponen musin membentuk lapisan halus di atas permukaan konjungtiva. Komponen musin mengandung glikoprotein, protein, elektrolit, air, dan karbohidrat dalam polar glikokaliks.^{5,9,10}

Musin memiliki ekspresi genetik yang mewakili kode penamaannya. Musin memiliki 20 ekspresi gen musin yang terdiri dari *mucine-1* hingga *mucine-20* (MUC1 hingga MUC20). Musin memiliki dua jenis, yaitu musin sekretori dan musin transmembran. Sel goblet konjungtiva memproduksi musin sekretori. Sel

epitel pipih berlapis pada konjungtiva memproduksi musin transmembran. Mucin sekretori terdiri dari MUC2, MUC5AC, MUC5AB, MUC5B, MUC6, MUC7, dan MUC19. Mucin transmembran membantu menyebarkan mucin sekretori ke seluruh permukaan okular. Mucin transmembran terdiri dari MUC1, MUC3A, MUC3B, MUC4, MUC12, MUC13, MUC15, MUC16, MUC17, dan MUC20.^{5,8,10}

2.2.3. Sekresi Air Mata

Sekresi air mata terdiri dari sekresi basal dan sekresi refleksi. Sekresi basal berasal dari kelenjar lakrimal aksesori. Sekresi refleksi berasal dari kelenjar lakrimal utama. Sekresi refleksi muncul sebagai respon terhadap iritasi mekanik atau kimiawi terhadap kornea dan konjungtiva. Faktor psikogenik dan cahaya terang juga mempengaruhi sekresi refleksi. Induksi saraf sensorik mengaktifkan saraf parasimpatis dan simpatis kelenjar air mata dan epitel sehingga terjadi sekresi. Sekresi air mata memiliki mekanisme umpan balik saraf. Kerusakan kornea sangat mempengaruhi kelenjar lakrimal sehingga menurunkan produksi air mata.^{3,7,10}

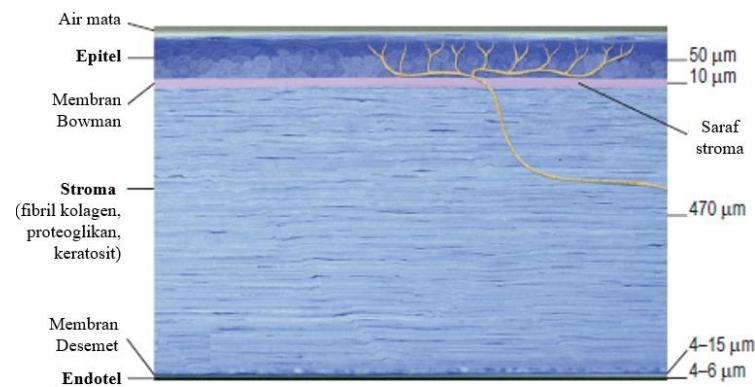
Hormon peptida stimulasi α -melanosit (α -MSH) dan hormon adrenokortikotropik (ACTH) dapat merangsang sekresi air mata. Kedua hormon ini merangsang sekresi protein dari kelenjar lakrimal utama. Hormon androgen merangsang sekresi sIgA dari kelenjar lakrimal utama dan merangsang sekresi lipid dari kelenjar meibom.^{7,9,10}

Gerakan palpebra penting dalam pembaruan, distribusi, pergantian, dan drainase lapisan air mata. Proses mengedip akan menutup palpebra dan otot preseptal akan berkontraksi menekan fornix superior dan inferior. Tekanan otot preseptal secara mekanik akan membersihkan permukaan anterior dari kotoran dan mikroba ke arah nasal menuju pungtum lakrimal.^{2,3,6,10}

2.3. Konjungtiva

Konjungtiva merupakan membran mukosa terdiri dari epitel pipih berlapis tidak berkeratin. Konjungtiva memanjang dari limbus ke arah fornix. Konjungtiva memiliki sejumlah sel goblet dan jaringan ikat tipis di bawahnya yang memiliki banyak vaskularisasi.^{2,3,11}

Sel epitel konjungtiva memiliki variasi morfologi, yaitu sel kuboid berlapis pada konjungtiva tarsal, sel kolumnar pada konjungtiva forniks, dan sel pipih pada konjungtiva bulbar. Sel basal berbentuk kuboid yang akan berkembang menjadi sel polihedral pipih saat mencapai ke permukaan. Sel goblet menempati 10% sel basal pada epitel konjungtiva. Sel goblet terletak paling banyak di bagian inferonasal konjungtiva terutama di karunkula dan plika semilunaris.^{1-3,11}



Gambar 2.5. Sediaan histologi lapisan kornea

Dikutip dari: Levin LA.⁸

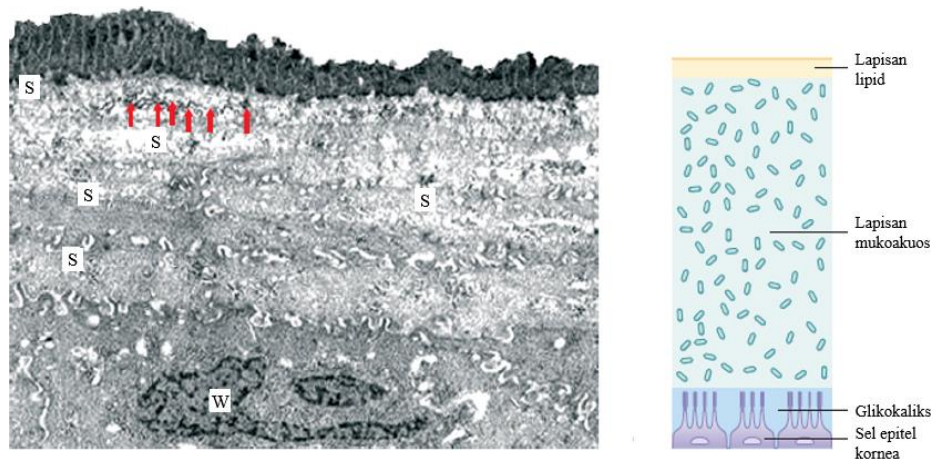
Konjungtiva mengandung pembuluh limfatik, sel plasma, makrofag, dan sel mast. Lapisan limfoid memanjang dari konjungtiva bulbar menuju lipatan subtarsal pada palpebra. Konjungtiva memiliki *conjunctiva-associated lymphoid tissue* (CALT) yang mengandung kumpulan leukosit, limfosit T, dan limfosit B untuk proses antigen. Limfosit mengadakan interaksi dengan sel epitel mukosa melalui regulasi sinyal yang dimediasi oleh *growth factor*, sitokin, dan neuropeptida.^{1,3,11}

2.4. Kornea

Kornea merupakan jaringan avaskular bening yang berfungsi sebagai penghalang struktural dan melindungi mata dari infeksi. Kornea terdiri dari lima lapisan, antara lain lapisan epitel, membran Bowman, stroma, membran Desemet, dan lapisan endotel. Ketebalan kornea sekitar 550-560 µm pada bagian sentral dan 610-640 µm pada bagian perifer.^{2,4,11,12}

Kornea melapisi 1/6 permukaan bola mata. Permukaan kornea berbentuk cembung sferosilindris yang memiliki indeks refraksi 1.376 dan jari-jari

kelengkungan rata-rata 7,8 mm dengan kekuatan 43,25 dioptri (D) dari total kekuatan refraksi mata sebesar 58,60 D. Kornea terdiri dari komponen seluler dan aseluler. Komponen seluler terdiri dari sel epitel, keratosit, dan sel endotel. Komponen aseluler terdiri dari kolagen dan glikosaminoglikan.^{1,2,4}



Gambar 2.6. Penampang mikroskop elektron dan skematik epitel kornea

S: sel superfisial, W: sel wing, Panah merah: tight junction

Dikutip dari: Brar VS.¹²

Kornea memiliki sistem imun khusus karena tidak memiliki vaskularisasi. Kornea mendapat suplai glukosa dari humor akuos dan suplai oksigen dari udara melalui lapisan air mata dan pembuluh darah palpebra. Kornea bagian perifer mendapat tambahan suplai oksigen dari sirkulasi limbus. Kornea memiliki *vascular endothelial growth factor receptor-1* (VEGF) yang mencegah aksi VEGF-A.^{1,4,12}

Glukosa adalah substrat metabolik utama untuk kornea. Stroma menerima glukosa dari humor akuos melalui endotel, sedangkan epitel menerima glukosa melalui difusi pasif dari stroma dan lapisan air mata. Lapisan air mata dan pembuluh darah pada limbus menyuplai sekitar 10% glukosa yang digunakan kornea.^{4,12,13}

Kornea mengandung protein berupa dehidrogenase aldehyd dan transketolase yang merupakan 40-50% protein terlarut pada stroma kornea. Kedua protein ini berperan dalam sifat optikal dari kornea dan melindungi kornea dari radikal bebas dengan menyerap radiasi ultraviolet B.^{4,12,13}

2.4.1. Epitel Kornea dan Membran Bowman

Epitel kornea merupakan epitel pipih berlapis nonkeratin terdiri dari 5-7 lapis sel dengan tebal 40-50 μm . Epitel tersusun secara teratur untuk menghasilkan permukaan kornea yang rata. Sel epitel memiliki tiga tipe sel antara lain sel superfisial, sel *wing*, dan sel basal. Sel superfisial memiliki 2-3 lapis sel berbentuk poligonal dengan desmosom yang membentuk *tight junction* antara sel superfisial. Sel *wing* memiliki 2-3 lapis sel yang berbentuk seperti sayap. Sel basal merupakan selapis sel epitel berbentuk kuboid atau kolumnar yang aktif bermitosis.^{2,4,13}

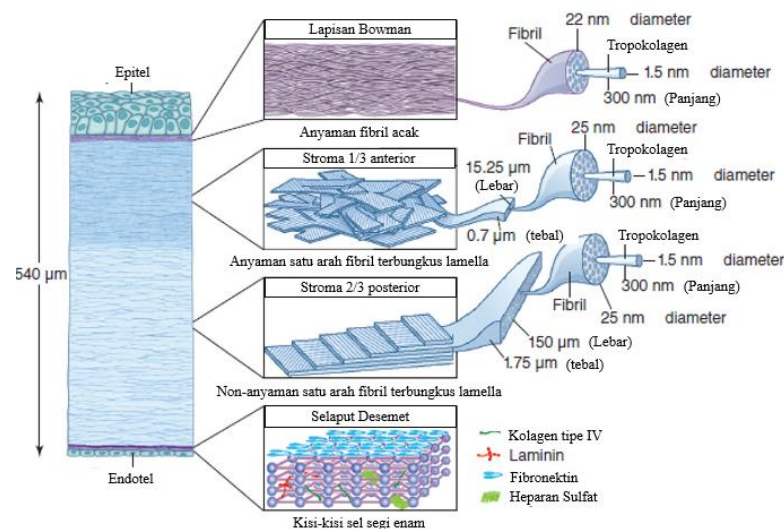
Lapisan sel superfisial memiliki penonjolan mikrovili dan mikroplika. Glikokaliks dari lapisan musin lapisan air mata melapisi mikrovili dan mikroplika yang mengalami kontak langsung dengan epitel. Glikokaliks berperan untuk stabilisasi lapisan air mata, mempertahankan kondisi basah dari permukaan kornea, dan melekatkan sel basal ke membran basemen.^{2,5,8,12}

Membran Bowman merupakan membran yang terletak di bawah lapisan basal epitel. Membran Bowman merupakan kondensasi serat kolagen tipe I dan tipe V dan proteoglikan dengan ukuran diameter 30 nm. Membran Bowman bersifat aselular dan tidak beregenerasi saat mengalami kerusakan sehingga akan membentuk jaringan parut. Membran Bowman mempertahankan bentuk kornea dan membatasi paparan keratosit stroma terhadap *transforming β -growth factor* yang disekresi oleh sel epitel.^{2,12,13}

2.4.2. Stroma

Stroma menyusun 90% total ketebalan kornea. Sifat transparan stroma merupakan hasil susunan teratur antara fibril stroma dan matriks ekstraselular. Stroma memiliki sel yang disebut dengan keratosit. Keratosit menyusun 10-40% volume kornea yang terletak diantara lamela stroma. Keratosit berfungsi memproduksi kolagen dan matriks ekstraselular. Serat kolagen berkumpul menjadi fibril, kemudian fibril berkumpul membentuk lamela. Fibril kolagen stroma dalam setiap lamela tersusun berhimpitan dan berukuran sama sekitar 30 nm. Stroma tersusun dari 200-250 lamela dengan tebal 1,5-2,5 μm .^{2,4,12}

Kolagen tipe I menyusun 70% total berat stroma. Tipe kolagen lain yang menyusun stroma adalah kolagen tipe V, VI, VII, XII, dan XIV. Kolagen tipe III hanya muncul saat penyembuhan luka. Stroma mengandung proteoglikan yang berperan memberikan sifat hidrofilik pada stroma. Matriks ekstraselular (ECM) stroma terdiri dari kolagen tipe I, II, III, V, VI dan glikosaminoglikan (GAG) terdiri dari keratan sulfat, kondroitin sulfat, dan dermatan sulfat.^{2,12,13}



Gambar 2.7. Susunan lamela serat kolagen stroma

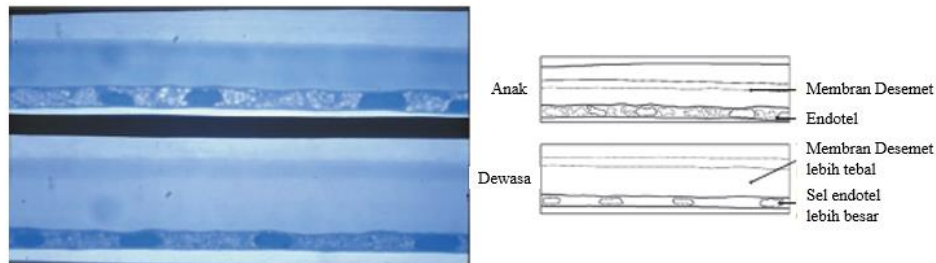
Dikutip dari: Levin LA.⁸

Matriks metalloproteinase (MMP) berperan dalam degradasi komponen ECM yang terjadi pada proses embriologi normal dan pada saat proses patologis. Pada kornea normal hanya ditemukan proenzim MMP-2. Sintesis MMP-1, MMP-3, dan MMP-9 terbentuk saat terjadi kerusakan kornea. Inhibitor proteinase berperan melindungi kornea dengan membatasi kerusakan apabila terjadi inflamasi dan membantu perbaikan luka kornea.^{8,12,13}

2.4.3. Membran Desemet dan Endotel

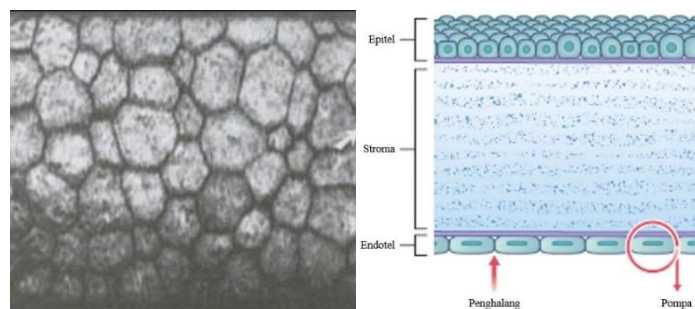
Membran Desemet merupakan membran yang terletak antara endotel kornea dan stroma posterior dengan tebal 10-12 μm. Membran Desemet tersusun dari kolagen tipe IV, terdiri dari lapisan anterior berpita dan lapisan posterior tidak berpita. Lapisan posterior membran Desemet mengalami penebalan 3-4 kali lipat dari lahir hingga dewasa karena endotel menyekresi lapisan posterior membran Desemet

sepanjang hidup. Membran Desemet memiliki sifat elastis dan akan melipat bila mengalami kerusakan.^{2,12,13}



Gambar 2.8. Penebalan membran Desemet posterior seiring usia
Dikutip dari: Brar VS.¹²

Endotel kornea merupakan selapis sel berbentuk segi enam tersusun menyerupai sarang madu. Endotel kornea memiliki ukuran diameter 20 μm dan tebal 5 μm . Endotel terletak posterior terhadap membran Desemet. Jumlah sel endotel normal berkisar 3000 sel/ mm^2 pada bagian tengah dan 4000 sel/ mm^2 pada bagian perifer. Endotel tidak memiliki kemampuan regenerasi. Endotel mengalami penurunan densitas seiring pertambahan usia, secara fisiologis berkurang 0,6% per tahun.^{2,12,14}

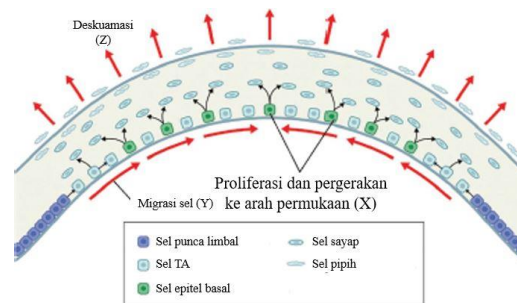


Gambar 2.9. Lapisan sel endotel dan skema pompa endotel
Dikutip dari: Sridhar MS.²

Sel endotel membentuk *gap junction* dengan sel terdekatnya dan membentuk *tight junction* terhadap bilik mata depan. *Tight junction* berfungsi sebagai penghalang permeabilitas humor akuos terhadap stroma kornea. Endotel berfungsi sebagai pompa untuk menjaga kornea dalam kondisi dehidrasi melalui mekanisme tekanan negatif hidrostatik. Endotel mendapat suplai oksigen dari humor akuos.^{2,4,12}

2.5. Limbus

Limbus merupakan zona transisi antara kornea perifer dan sklera. Limbus memiliki dua macam sel, yaitu sel punca dan sel *transient amplifying* (TA). Sel punca berperan dalam perbaikan epitel kornea. Limbus superior dan inferior merupakan bagian yang mengandung banyak sel punca. Limbus memiliki ciri khas bentuk invaginasi stroma yang disebut *palisades of Vogt*. *Palisades of Vogt* berbentuk seperti tonjolan papilla mengandung vaskularisasi yang menyediakan nutrisi ke kornea.^{1,2,4,8}



Gambar 2.10. Deskuamasi sel epitel kornea dan migrasi sel punca dari limbus

Dikutip dari: Levin LA.⁸

Sel epitel kornea memiliki masa hidup sekitar 7-10 hari karena mengalami involusi, apoptosis, dan deskuamasi. Sel basal kornea sentral berkembang secara aktif dibantu oleh sel basal yang terdapat di limbus. Sel epitel pada sel basal mengalami pembaruan yang berlangsung selama 5-7 hari.^{2,7,12}

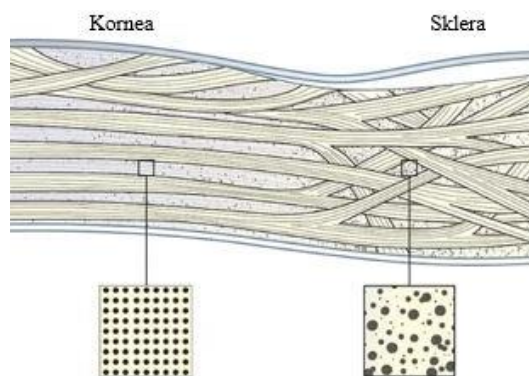
Migrasi sel punca dari perifer ke arah sentral mengawali pembaruan sel epitel. Pembaruan sel epitel disebut sebagai hipotesis XYZ. Komponen X mewakili proliferasi dan stratifikasi sel basal limbus, komponen Y mewakili migrasi sel basal dari perifer ke arah sentral, dan komponen Z mewakili deskuamasi sel superfisial. Sel punca aktif mengalami pembaruan saat pemulihan luka saja.^{1,2,4}

2.6. Sklera

Sklera merupakan lapisan pelindung mata dan tempat otot ekstraokular melekat. Sklera menutupi 5/6 permukaan okular posterior, dengan bagian anterior terbuka ke kornea dan posterior terbuka ke saraf optik. Lapisan sklera terdiri dari episklera,

stroma, lamina suprakoroid, dan endotel. Sklera bersifat avaskular, menerima nutrisi dari episklera dan vaskularisasi koroidal.^{2,8,15}

Sklera terdiri dari kolagen tipe I. Serat kolagen pada sklera memiliki ukuran, bentuk, dan susunan yang bervariasi. Serat kolagen pada sklera menyebar tidak teratur, berbeda dengan kornea yang tersusun rapi dan teratur. Variasi penyebaran, diameter, dan susunan anyaman serat kolagen pada sklera menimbulkan warna putih pada sklera.^{2,8,15}



Gambar 2.11. Skema perbedaan susunan kolagen antara kornea dan sklera

Dikutip dari: Levin LA.⁸

Serat kolagen pada sklera bercabang dan bergabung dengan badan siliaris dan koroid bagian luar. Sklera memiliki kebutuhan metabolisme dan kecepatan pergantian sel yang rendah. Matriks sklera tersusun dari tumpukan fibril protein, kolagen, elastin, dan proteoglikan antar fibril yang mengelilingi kumpulan sel.^{2,4,12}

III. Kesimpulan

Permukaan okular terdiri dari palpebra, lapisan air mata, konjungtiva, kornea, limbus, dan sklera. Permukaan okular memiliki fungsi proteksi melalui sifat biokimia yang terkandung di dalamnya. Sifat biokimia permukaan okular berperan dalam proteksi terhadap mikroba patogen, keseimbangan zat-zat terlarut, dan menjaga okular tetap jernih untuk fungsi penglihatan dalam kondisi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Weisenthal R, Daly M, Freitas D, Feder R, Orlin S, Tu E, dkk. Structure and function of the external eye and cornea. Dalam: Basic and Clinical Science Course 2019-2020 Section 8 External Disease and Cornea. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 3–14.
2. Sridhar MS. Anatomy of cornea and ocular surface. *Indian J. Ophthalmol.* 2018;66(2):190–4.
3. Ambroziak AM, Szaflik J, Szaflik JP, Ambroziak M, Witkiewicz J, SkoPiński P. Immunomodulation on the ocular surface a review. *Cent. Eur. J Immunol.* 2016;41(2):195–6.
4. Angayarkanni N, Coral K, Devi SRB, Saijyothi AV. The biochemistry of the eye. Dalam: *Pharmacology of Ocular Therapeutics*. New Delhi: Springer; 2016. hlm. 83–106.
5. Rodriguez MC, Argüeso P. Glycosylation pathways at the ocular surface. *Biochem. Soc. Trans.* 2018;46(2):343–50.
6. Chang EI, Esmaeli B, Butler CE. Eyelid reconstruction. *J. Plast. Reconstr Surg.* 2017;140(5):724–35.
7. Craig JP, Nelson JD, Azar DT, Belmonte C, Bron AJ, Chauhan SK, dkk. TFOS DEWS II report executive summary. *Ocular Surface.* 2017;15(4):802–12.
8. Levin LA, Nilsson SFE, Ver Hoeve J, Wu S, Kaufman PL, Alm A. *Adler's physiology of the eye*. New York: Elsevier Health Sciences; 2011. hlm. 95–361.
9. Mann A, Campbell D, Mirza Z, Hunt O, Wolffsohn JS, Tighe BJ. Clinical and biochemical analysis of the ageing tear film. *Br. J. Ophthalmol.* 2020;104(7):1028–32.
10. Brar V, Law S, Lindsey J, Mackey D, Schultze R, Singh R, dkk. Biochemistry and metabolism tear film. Dalam: Basic and Clinical Science Course 2019-2020 Section 2 Fundamentals and Principles of Ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 247–58.
11. Brar V, Law S, Lindsey J, Mackey D, Schultze R, Singh R. Anatomy orbit and ocular adnexa. Dalam: Basic and Clinical Science Course 2019-2020 Section 2 Fundamentals and Principles of Ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 43–4.
12. Brar V, Law S, Lindsey J, Mackey D, Schultze R, Singh R. Biochemistry and metabolism cornea. Dalam: Basic and Clinical Science Course 2019-2020 Section 2 Fundamentals and Principles of Ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2019. hlm. 259–67.
13. McKay TB, Karamichos D. Quercetin and the ocular surface. *Exp. Biol. Med.* 2017;242(6):565–72.
14. Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter P. The cornea. Dalam: *Atlas of Clinical Ophthalmology*. Edisi ke-3. New York: Elsevier Health Sciences; 2013. hlm. 148–50.
15. Mescher AL. The eye and ear special sense organs. Dalam: *Junqueira's Basic Histology Text & Atlas*. Bloomington: McGraw-Hill Education; 2018. hlm. 490–509.