

Histologi Jaringan Epitel: Struktur, Klasifikasi, dan Fungsi

Histologi • SKDI BIOMEDIK

Course histologi dasar yang membahas struktur mikroskopis jaringan epitel, klasifikasi berdasarkan bentuk dan lapisan, spesialisasi permukaan, jaringan kelenjar, serta korelasi klinis singkat untuk mahasiswa kedokteran.

Modul 1: Konsep Dasar Jaringan Epitel

1.1 Pengertian dan Ciri Umum Jaringan Epitel

Definisi Jaringan Epitel

Jaringan epitel (textus epithelialis) adalah salah satu dari empat jaringan dasar tubuh, bersama jaringan ikat, otot, dan saraf. Epitel merupakan jaringan yang terdiri atas sel-sel yang tersusun rapat (compact) dengan sedikit substansi interselular, melapisi permukaan tubuh, membatasi rongga, serta membentuk unit sekretori kelenjar. Berbeda dengan jaringan ikat yang kaya matriks ekstraselular, epitel bersifat avaskular—tidak memiliki pembuluh darah di antara sel-selnya—sehingga seluruh nutrisi harus diperoleh melalui proses difusi dari jaringan ikat di bawahnya (membran basalis). Sel-sel epitel saling berikatan erat melalui kompleks junction (tight junction, adherens junction, desmosom, gap junction) yang menjamin koherensi mekanis dan komunikasi antarsel.

Polaritas Sel Epitel

Salah satu ciri khas terpenting sel epitel adalah polaritas morfologis dan fungsional. Permukaan apikal menghadap lumen atau dunia luar dan biasanya menunjukkan modifikasi khusus seperti mikrovili, stereosilia, atau silia. Permukaan basolateral berhadapan dengan membran basalis dan jaringan ikat; di sini terdapat pompa ion dan reseptor yang berbeda dari sisi apikal. Polaritas ini dipertahankan oleh partitioning-defective (PAR) proteins dan determinan lain yang memastikan protein membran serta lipid terdistribusi secara asimetris. Hilangnya polaritas merupakan salah satu penanda penting dalam transformasi neoplastik epitel menjadi karsinoma invasif.

Fungsi Umum Epitel

Epitel menjalankan beberapa fungsi vital: (1) proteksi mekanis dan kimiawi (mis. epidermis); (2) absorpsi (usus halus, tubulus proksimal ginjal); (3) sekresi (kelenjar eksokrin dan endokrin); (4) sensasi (neuroepitel pada alat indra); (5) transport zat terlarut (epitel respirasi); serta (6) filtrasi (epitel glomerulus). Setiap fungsi ini berkaitan erat dengan adaptasi struktural spesifik, seperti mikrovili untuk absorpsi atau silia untuk membersihkan mukus.

Korelasi Klinis Singkat

Karena epitel adalah lapisan pertama yang terpapar lingkungan, kebanyakan neoplasma manusia (karsinoma) berasal dari jaringan ini. Pemahaman tentang polaritas dan sifat avaskular epitel juga penting untuk memahami metastasis, karena sel kanker harus menembus membran basalis (proses yang dijumpatani oleh enzim matriks metalloproteinase) sebelum dapat menyebar ke jaringan ikat di bawahnya.

Poin Kunci

- Epitel avaskular, terdiri dari sel-sel rapat dengan sedikit matriks.
- Terdapat polaritas apikal–basolateral yang jelas.
- Kompleks junction mengikat sel dan memisahkan domain membran.
- Fungsi utama: proteksi, absorpsi, sekresi, sensasi, filtrasi, transport.

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

1.2 Membran Basalis dan Kompleks Junction

Membran Basalis (Basement Membrane)

Membran basalis adalah lembaran tipis matriks ekstraselular setebal 50–100 nm yang memisahkan epitel dari jaringan ikat di bawahnya. Dengan mikroskop cahaya dan pewarnaan PAS (Periodic Acid–Schiff), membran basalis tampak sebagai garis merah-ungu yang berjalan tegas di bawah epitel. Secara ultrastruktural, membran basalis terdiri atas lamina basalis (diproduksi oleh sel epitel sendiri) dan lamina retikularis (diproduksi oleh sel jaringan ikat). Lamina basalis tersusun atas lamina lusensa (lucent) di bagian atas, lamina densa (tengah, kaya kolagen tipe IV), dan lamina lusensa di bagian bawah. Komponen utama lain meliputi laminin, nidogen/entaktin, perlacan (heparan sulfat proteoglikan), serta fibronectin. Laminin dan kolagen IV saling berikatan membentuk anyaman sebagai fondasi adhesi, sedangkan nidogen menjembatani kedua molekul tersebut.

Perlekatan Sel Epitel pada Membran Basalis

Perlekatan mekanis antara sel epitel dan membran basalis diperantarai oleh hemidesmosom yang menjangkarkan keratin intermediet filamen sitoskeleton ke lamina lusensa bawah melalui integrin ; $\alpha 4$ dan protein BP180/BP230. Pada sisi basal membran sel, integrin ; $\alpha 1$ berikatan dengan laminin dan fibronectin. Perlekatan ini bukan sekadar jangkar mekanis, tetapi juga memicu sinyal outside-in yang mengatur diferensiasi, proliferasi, dan survival sel epitel. Gangguan pada hemidesmosom atau laminin dapat menyebabkan penyakit bular (epidermolisis bulosa), di mana epidermis mudah terpisah dari dermis.

Kompleks Junction Antarsel

Empat jenis junction bekerja sama membangun kekhasan epitel: (1) Tight junction (zonula occludens) di bagian paling apikal, dibentuk oleh protein claudin, occludin, dan JAM, yang menyegel ruang antar sel dan mencegah difusi paracelular; (2) Adherens junction (zonula adherens) menjangkarkan aktin mikrofilamen ke membran melalui E-cadherin yang berikatan dengan katenin; (3) Desmosom (macula adherens) menjangkarkan keratin intermediet filamen melalui kadherin desmoglein dan desmokolin; (4) Gap junction (nexus) berupa setengah kanal konneksin yang memungkinkan komunikasi ion dan molekul kecil antar sel. Bersama-sama, keempat junction ini membentuk junctional complex yang

menjaga polaritas, impermeabilitas, dan komunikasi sel epitel.

Korelasi Klinis Singkat

Mutasi pada gen TP63, plectin, atau kolagen tipe VII menyebabkan epidermolisis bulosa. Autoantibodi terhadap desmoglein 1 dan 3 menimbulkan pemfigus vulgaris, di mana desmosom rusak sehingga sel epidermis saling terpisah (akantolisis) dan terbentuk bula intraepitel. Disfungsi tight junction berperan dalam patogenesis beberapa gangguan inflamasi usus.

Poin Kunci

- Membran basalis = lamina basalis (asal epitel) + lamina retikularis (asal ikat).
- Hemidesmosom menjangkarkan sel ke membran basalis; integrin adalah reseptor utamanya.
- Empat junction: tight, adherens, desmosom, gap junction.
- Tight junction mempertahankan polaritas dan impermeabilitas paracelular.

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

Modul 2: Klasifikasi Epitel dan Modifikasi Permukaan

2.1 Klasifikasi Epitel Berdasarkan Bentuk dan Lapisan Sel

Prinsip Klasifikasi

Jaringan epitel diklasifikasikan berdasarkan dua kriteria utama: bentuk sel di permukaan apikal dan jumlah lapisan sel. Bentuk sel yang dikenali adalah skuamosa (gepeng), kuboid (kubus), dan kolumnar (silindris/tongkat). Jumlah lapisan dibedakan menjadi epitel tunggal/simpleks (satu lapis sel, semua menyentuh membran basalis) dan epitel berlapis/stratified (lebih dari satu lapis, hanya lapisan basal yang menyentuh membran basalis). Terdapat pula bentuk pseudostratified (palsu berlapis) di mana semua sel menempel pada membran basalis tetapi tidak semua mencapai permukaan apikal, memberikan kesan berlapis pada irisan melintang.

Epitel Simpleks dan Lokasinya

Epitel skuamosa simpleks menyusun endotel, mesotel, dan alveolar paru; bentuk gepeng mendukung pertukaran gas dan zat terlarut. Epitel kuboid simpleks ditemukan pada tubulus ginjal dan duktus kelenjar; mendukung sekresi dan absorpsi seimbang. Epitel kolumnar simpleks melapisi lambung, usus halus, dan kandung empedu; sering memiliki mikrovili atau silia untuk absorpsi atau transport mukus. Epitel kolumnar pseudostratified bersilia khas pada trakea dan saluran napas besar; di antara sel kolumnar terdapat sel goblet yang mensekresi mukus.

Epitel Berlapis dan Lokasinya

Epitel skuamosa berlapis terbagi menjadi non-keratinized (rongga mulut, esofagus, vagina) dan keratinized (epidermis). Epitel kuboid dan kolumnar berlapis relatif jarang; ditemukan pada duktus kelenjar besar dan beberapa segmen uretra. Epitel transisional (urotelium) adalah jenis khusus yang melapisi saluran kemih; permukaannya dapat berubah dari kuboid saat relaksasi menjadi gepeng saat distensi, dengan sel-sel permukaan "payung" (umbrella cells) yang bersifat kedap air melalui tight junction dan uroplakin pada membran apikal.

Korelasi Klinis Singkat

Pola histologis epitel sangat penting dalam patologi. Karsinoma skuamosa misalnya berasal dari epitel skuamosa, sedangkan adenokarsinoma berasal dari epitel kuboid/kolumnar yang mensekresi. Perubahan metaplasia, seperti transformasi epitel skuamosa esofagus menjadi epitel kolumnar (Barrett's esophagus), merupakan respons terhadap refluks asam kronis dan berkaitan dengan risiko adenokarsinoma esofagus.

Poin Kunci

- Simpleks: satu lapis; stratified: lebih dari satu lapis; pseudostratified: tampak berlapis tetapi semua sel menempel membran basalis.
- Lokasi klasik: skuamosa simpleks pada endotel; kolumner simpleks pada usus; skuamosa berlapis keratinized pada epidermis; transisional pada saluran kemih.
- Urotelium adalah satu-satunya epitel yang secara fisiologis berubah bentuk sesuai regangan.

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

2.2 Spesialisasi Permukaan Apikal dan Basolateral

Mikrovili, Stereosilia, dan Silia

Sel epitel dapat mengembangkan modifikasi permukaan yang memperbesar area atau mendorong pergerakan zat di atas permukaan. Mikrovili adalah perluasan sitoplasma berbentuk jari-jari setinggi $\sim 1 \mu\text{m}$ yang mengandung inti aktin (filamen aktin berikatan dengan villin, fimbrin, dan myosin I). Ratusan mikrovili menyusun brush border pada enterosit usus halus dan striated border pada tubulus proksimal ginjal, sangat memperluas luas permukaan absorpsi. Stereosilia adalah varian mikrovili sangat panjang dan kadang bercabang (ductus epididimis, ductus deferens, sel rambut telinga bagian dalam) yang berperan dalam absorpsi dan perseptual. Silia motil lebih panjang ($5\text{--}10 \mu\text{m}$) dengan struktur aksonem $9+2$; silia bergerak sinkron mendorong lapisan mukus (mis. dalam trakea). Silia non-motil (primer) tunggal berperan sebagai sensor kemo- dan mekanis, misalnya pada epitel tubulus ginjal dan nodus embrionik.

Struktur Aksonem dan Mekanisme Pergerakan

Aksonem silia motil tersusun atas 9 doublet mikrotubulus perifer dan 2 singlet sentral, dihubungkan oleh dynein arms. Protein dynein dengan ATP menghasilkan gaya geser antardoublet sehingga terjadi bending silia. Defisiensi dynein (mis. sindrom Kartagener) menyebabkan silia immotil, manifestasinya berupa sinusitis kronis, bronkiektasis, dan infertilitas pada pria. Sel basal terletak di bawah epitel bersilia dan berfungsi sebagai sel progenitor.

Modifikasi Permukaan Basolateral

Permukaan basolateral juga memiliki struktur khusus. Lipatan basal (basal labyrinth) berupa invaginasi membran basal dalam yang banyak mitokondria di antaranya, khas pada epitel tubulus ginjal yang melakukan transport ion aktif. Invaginasi lateral memperluas area permukaan untuk pompa Na^+/K^+ ATPase. Membran basalis sendiri bukan sekadar penyangga, tetapi berperan dalam filtrasi selektif, terutama pada glomerulus (sawar glomerulus) dengan komponen slit diaphragm yang terdiri atas protein nefrin dan podocin.

Korelasi Klinis Singkat

Perubahan pada mikrofilili dan silia menyebabkan enteropati malabsorpsi dan diskinesia silia. Pada tubulus proksimal yang rusak (mis. akibat aminoglikosida), brush border menghilang dan terjadi kebocoran enzim ke urin. Diskinesia silia primer harus dicurigai pada pasien dengan bronkiektasis bilateral dan situs inversus (sindrom Kartagener).

Poin Kunci

- Mikrovili !' perluasan permukaan untuk absorpsi (brush border, striated border).
- Silia motil 9+2 !' D\$@C =D ?Cä@D" Đukus; silia primer !' sensasi.
- Basal labyrinth pada epitel transport menyediakan mitokondria untuk ATP.
- Defek dynein menyebabkan silia immotil (sindrom Kartagener).

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

2.3 Epitel Kelenjar: Eksokrin dan Endokrin

Definisi Jaringan Kelenjar

Jaringan kelenjar berasal dari epitel permukaan yang bermigrasi ke jaringan ikat di bawahnya dan berdiferensiasi menjadi unit sekretori. Sel-sel ini mempertahankan hubungan dengan permukaan (kelenjar eksokrin) melalui duktus, atau melepaskan sekret langsung ke darah (kelenjar endokrin). Sekresi dapat berupa protein, glikoprotein, lipid, atau campuran, dan disimpan dalam vesikel sekretori sebagai zymogen (butir enzim inaktif) pada banyak kelenjar serosa.

Klasifikasi Kelenjar Eksokrin

Kelenjar eksokrin diklasifikasikan berdasarkan: (1) bentuk unit sekretori !' tubular, asinar (acinar), atau tubuloasinar; (2) cabang duktus !' sederhana (duktus tidak bercabang) atau berganda/kompleks (duktus bercabang); (3) mekanisme sekresi !' merokrin (eksositosis, contoh pankreas), apokrin (puncak sel terlepas, contoh kelenjar susu dan aksila), dan holokrin (sel utuh rusak dan menjadi sekret, contoh kelenjar sebasea); (4) jenis sekret !' serosa (encer, kaya enzim, pankreas), mukosa (kental, mukus, sel goblet), dan campuran (submandibula).

Struktur Sel Asini dan Mioepitel

Sel asini serosa berbentuk piramid dengan inti basal bulat, sitoplasma apikal penuh butir zimogen eosinofilik, dan sitoplasma basal basofilik karena retikulum endoplasma kasar yang melimpah. Sel asini mukosa memiliki sitoplasma pucat berisi mukigen yang hampir memenuhi sel, inti terdesak ke basal. Di sekeliling asini dan duktus kecil terdapat sel mioepitel berbentuk bintang yang mengandung aktin dan miosin; kontraksinya dipicu oksitosin dan memeras sekret ke lumen duktus.

Kelenjar Endokrin

Berbeda dengan eksokrin, kelenjar endokrin tidak memiliki duktus. Sel tersusun dalam bentuk korda, folikel, atau anyaman dan dilalui kapiler fenestrata. Tiroid merupakan contoh unik karena sel membentuk folikel berisi koloid (tiroglobulin) yang menjadi tempat penyimpanan prekursor hormon. Adrenal dibagi menjadi korteks (zona glomerulosa, fasikulata, retikularis) dan medula. Kelenjar hipofisis anterior berupa korda sel yang dikelilingi kapiler; sinyal hipotalamus mencapai sel-sel ini melalui sistem portal.

Korelasi Klinis Singkat

Displasia atau hiperplasia sel asini kelenjar susu berkaitan dengan risiko kanker. Mutasi pada gen BRCA1/2 meningkatkan risiko karsinoma mamma secara signifikan. Autoimunitas terhadap sel asini pankreas menyebabkan diabetes mellitus tipe 1 dengan destruksi sel ;" pulau Langerhans. Tumor kelenjar endokrin (mis. adenoma hipofisis) dapat menyebabkan hipersekresi hormon sistemik.

Poin Kunci

- Eksokrin: ada duktus; endokrin: sekret langsung ke darah.
- Merokrin, apokrin, holokrin menunjukkan tiga mekanisme sekretori berbeda.
- Sel mioepitel membantu ekspulsi sekret.
- Tiroid menyimpan prekursor hormon dalam koloid folikel.

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

2.4 Epitel dengan Fungsi Khusus: Absorpsi, Respirasi, dan Filtrasi

Epitel Absorpsi: Usus Halus

Usus halus dilapisi epitel kolumnar simpleks dengan brush border mikrovili dan ditempatkan pada lipatan mukosa (vili dan kriptas). Sel goblet mensekresi musin, sel enterokromafin mensekresi hormon, sel Paneth di dasar kriptas mensekresi defensin dan lisozim, dan sel M di atas folikel limfoid melakukan transitis antigen. Lamina propria di bawah epitel mengandung banyak sel imun (limfosit, sel plasma). Sel epitel usus memiliki tight junction yang sangat efektif untuk mencegah translokasi bakteri, dan siklus pergantian total sekitar 3–5 hari, menjadikannya salah satu epitel dengan turnover tercepat.

Epitel Respirasi: Trakea dan Bronkus

Trakea dan bronkus besar dilapisi epitel kolumnar pseudostratified bersilia dengan sel goblet. Permukaan apikalnya ditutupi mucociliary escalator: lapisan mukus yang menangkap partikel asing, sementara silia bergerak sinkron mendorong lapisan ini ke arah faring. Di bronkiolus, epitel bertransisi menjadi kolumnar simpleks dengan sel Clara (club cells) yang

mensekresi surfaktan mirip dan berfungsi sebagai sel punca. Alveolus memiliki epitel skuamosa simpleks (pneumosit) tipe I, yang menutupi 95% permukaan untuk pertukaran gas, dan pneumosit tipe II yang berbentuk kuboid dan mensekresi surfaktan.

Epitel Filtrasi: Glomerulus Ginjal

Filtrasi darah di glomerulus diperantarai oleh sawan filtrasi glomerulus tiga lapis: endotel fenestrata kapiler, membrana basalis glomerulus, dan slit diaphragm antara kaki-kaki podosit. Filtrasi glomerulus terjadi melalui tiga mekanisme: pengecilan ukuran (ukurannya 7–8 nm), pengecilan muatan listrik (kolagen IV dan proteoglikan bermuatan negatif meniadakan albumin), dan hidrolika (tekanan darah mendorong filtrat). Komposisi • apa protein besar tertahan normalnya; hilangnya muatan negatif seperti pada nefropati membranosa menyebabkan proteinuria.

Korelasi Klinis Singkat

Kerusakan brush border pada enteropati gluten menyebabkan malabsorpsi. Defek silia menyebabkan diskinesia silia primer. Diabetes mellitus menyebabkan penebalan membrana basalis glomerulus, menurunkan filtrasi dan berakhir pada gagal ginjal kronis. Cedera alveolar pada ARDS merusak pneumosit tipe II, menurunkan surfaktan dan menyebabkan kolaps alveoli.

Poin Kunci

- Mukokiliaris merupakan mekanisme pembersihan penting saluran napas.
- Brush border Enterosit dan parietal mikrovili di tubulus proksimal memperluas absorpsi.
- Filtrasi glomerulus bergantung pada tiga penghalang: endotel, membrana basalis, slit diaphragm.
- Pneumosit tipe I untuk pertukaran gas, tipe II untuk surfaktan.

> Disclaimer: Materi ini untuk tujuan pendidikan. Selalu rujuk buku teks histologi terkini dan konsultasikan dengan dosen/supervisor.

Daftar Pustaka / Referensi

1. Ross MH, Pawlina W. Histology: A Text and Atlas with Correlated Cell and Molecular Biology. Wolters Kluwer (2020).
2. Junqueira LC, Carneiro J. Histologi Dasar: Teks & Atlas. EGC (2015).
3. Mescher AL. Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas. McGraw-Hill (2018).
4. Young B, O'Dowd G, Woodford P. Wheater's Functional Histology. Churchill Livingstone (2014).
5. Guillot C, Lecuit T. Mechanics of Epithelial Tissue Homeostasis and Morphogenesis. Science (2013).
6. Enrique Rodriguez-Boulán, Ian G. Macara. Organization and execution of the epithelial polarity programme. Nature Reviews Molecular Cell Biology (2014). doi:10.1038/nrm3775
7. Bloom W, Fawcett DW. A Textbook of Histology. Chapman & Hall (2015).
8. Eroschenko VP. diFiore's Atlas of Histology with Functional Correlations. Wolters Kluwer (2017).
9. National Library of Medicine. Histology Guide: Epithelium. University of Delaware (2020). <https://www.histologyguide.com>
10. Geneser F. Color Atlas of Histology. Lippincott Williams & Wilkins (2015).

Disclaimer / Pernyataan Penting

Materi dalam dokumen ini disusun untuk tujuan pendidikan kedokteran berdasarkan kurikulum SKDI 2012. Informasi klinis harus selalu diverifikasi dengan sumber terkini (pedoman nasional, jurnal terindeks, konsultasi supervisor klinis). Penulis dan Malayan Saintifika tidak bertanggung jawab atas keputusan klinis yang diambil berdasarkan materi ini semata.