

Modul 1 untuk Tutor

Modul 1 Tutorial MANUSIA SEUTUHNYA



**Disusun Oleh :
Tim Penyusun**

**Program Studi Kedokteran
Fakultas Kedokteran dan Kesehatan
Universitas Muhammadiyah Jakarta
2023**

TIM PENYUSUN:

Tim Blok SHM 1 :

dr Adinta Anandani, SpMK

dr M.Dwi Putra, M.Biomed

dr Meita Dwi Utami, M.Sc,Sp.A

dr Maria Eka, MKK

Dosen Pengampu :

Anatomi-dr Lucky, M.Biomed

Fisiologi- DR.dr. Fanny, M.Biomed

Biokimia : dr M.Dwi Putra, M.Biomed

Histologi:Dede Renovaldi,S.kep,M.Sc

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas berkah Rahmah Hidayah-Nya, akhirnya kami dapat menyelesaikan modul manusia seutuhnya yang digunakan oleh mahasiswa Blok Siklus Hidup Manusia 1 pada semester I. Modul **manusia seutuhnya** ini dibuat untuk memudahkan tutor memahami proses diskusi tutorial yang akan dilakukan dengan strategi pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Setelah mempelajari modul ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami dasar-dasar embriologi, anatomi, fisiologi, biokimia, histologi yang berkaitan dengan sistem lokomotor.

Kami menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT, saran dan kritik membangun untuk perbaikan modul ini sangat kami harapkan. Terima kasih kepada kontributor yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga modul ini dapat tersusun.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, November 2023
Koordinator Blok SHM1

dr Adinta Anandani, SpMK

Daftar Isi

Tim penyusun.....	1
Kata Pengantar.....	2
Daftar Isi.....	3
Modul Blok.....	4
• Pendahuluan	4
• Tujuan pembelajaran	4
• Karakteristik mahasiswa	4
• Sasaran pembelajaran	4
• Skenario 1	5
• Skenario 2	7
• <i>Problem Based Learning</i>	7
• Peraturan PBL	9
• Daftar Pustaka	14
• Suplemen Modul Fisiologi	15
• Suplemen Modul Anatomi	19
• Suplemen Modul Biokimia	25
• Suplemen Modul Histologi	42

Modul Blok

Siklus Hidup Manusia 1

1. Pendahuluan

Blok Siklus Hidup Manusia 1 ini merupakan Blok ketiga di semester 1 yang dilaksanakan selama 5 minggu. Karakteristik mahasiswa yang dapat mengikuti blok ini adalah mahasiswa yang sudah melewati blok Pasienku dan Lingkungannya. Blok ini membahas siklus hidup manusia mulai dari konsepsi sampai dengan dewasa dan faktor yang memengaruhinya terutama yang berkaitan dengan sistem alat gerak tubuh seperti otot, rangka, dan persendian dan sistem integumen.

2. Tujuan Pembelajaran

Memahami dasar-dasar embriologi, anatomi, fisiologi, biokimia, histologi, terutama yang berkaitan dengan sistem lokomotor dan integumen.

3. Karakteristik Mahasiswa

Mahasiswa yang mengikuti modul ini adalah mahasiswa yang mengikuti Blok Siklus Hidup Manusia 1.

4. Sasaran pembelajaran

1. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan perkembangan tulang.
2. Mahasiswa mampu mengetahui dan menjelaskan tulang dan otot yang bisa melakukan gerakan tangan dan kaki (terutama otot yang besar), konsep origo dan insersio.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan fase-fase pertumbuhan tulang pada histologi.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan mekanisme kontraksi, regulasi pengaturan gerak, komunikasi antarsel, neurotransmitter.
5. Mahasiswa mampu memahami biolistrik(potensial aksi), metabolisme energi (Karbohidrat), aerob dan anaerob.

Pembahasan Modul ini hanya mengacu pada sasaran pembelajaran.

Skenario 1

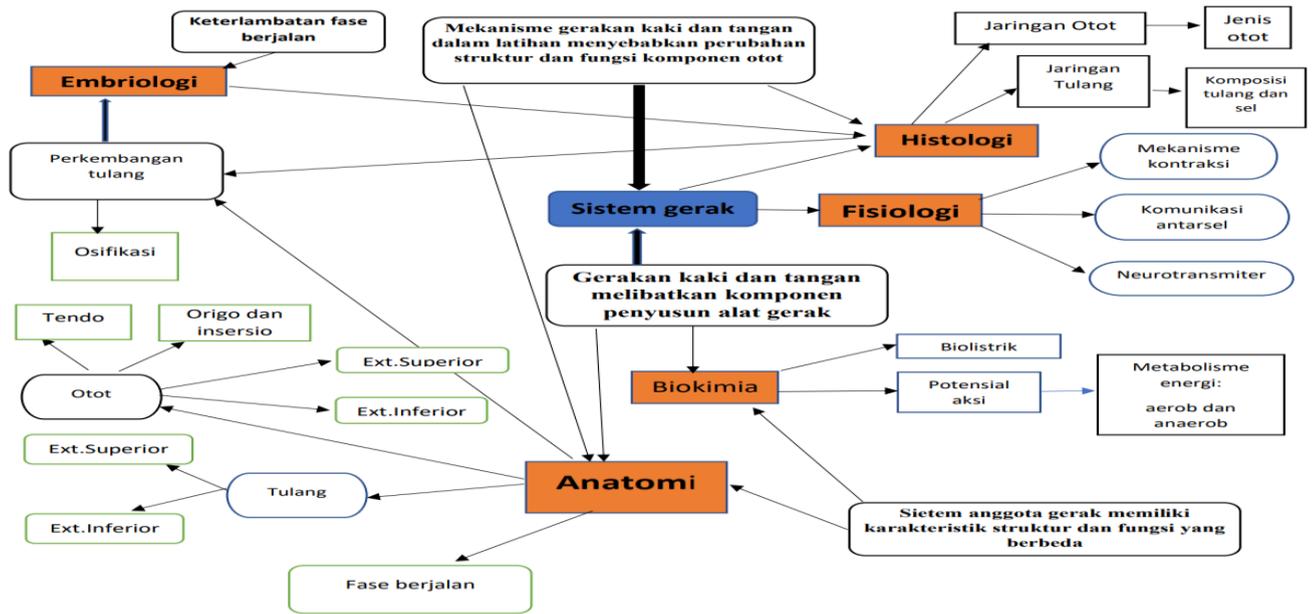
Seorang anak perempuan bernama Anti berumur 15 tahun berlatih senam lantai. Latihan dilakukan secara rutin hampir setiap hari dengan berbagai gerakan pada kaki dan tangan. Gerakan kaki dan tangan melibatkan berbagai komponen penyusun sistem anggota gerak. Masing-masing komponen sistem anggota gerak memiliki karakteristik struktur dan fungsi yang berbeda. Anti mulai diajak berlatih senam oleh ibunya sejak usia 4 tahun hal ini disebabkan Anti mengalami keterlambatan fase berjalan dan juga untuk menguatkan otot-otot kaki butuh latihan kaki. Sejak itu mekanisme dan efek gerakan kaki dan tangan dalam latihan ini menyebabkan perubahan struktur dan fungsi komponen otot. Manusia diciptakan oleh Allah SWT dengan adanya rangka pada manusia agar manusia mempunyai bentuk yang sempurna.

Skenario 1

5.1 Identifikasi masalah:

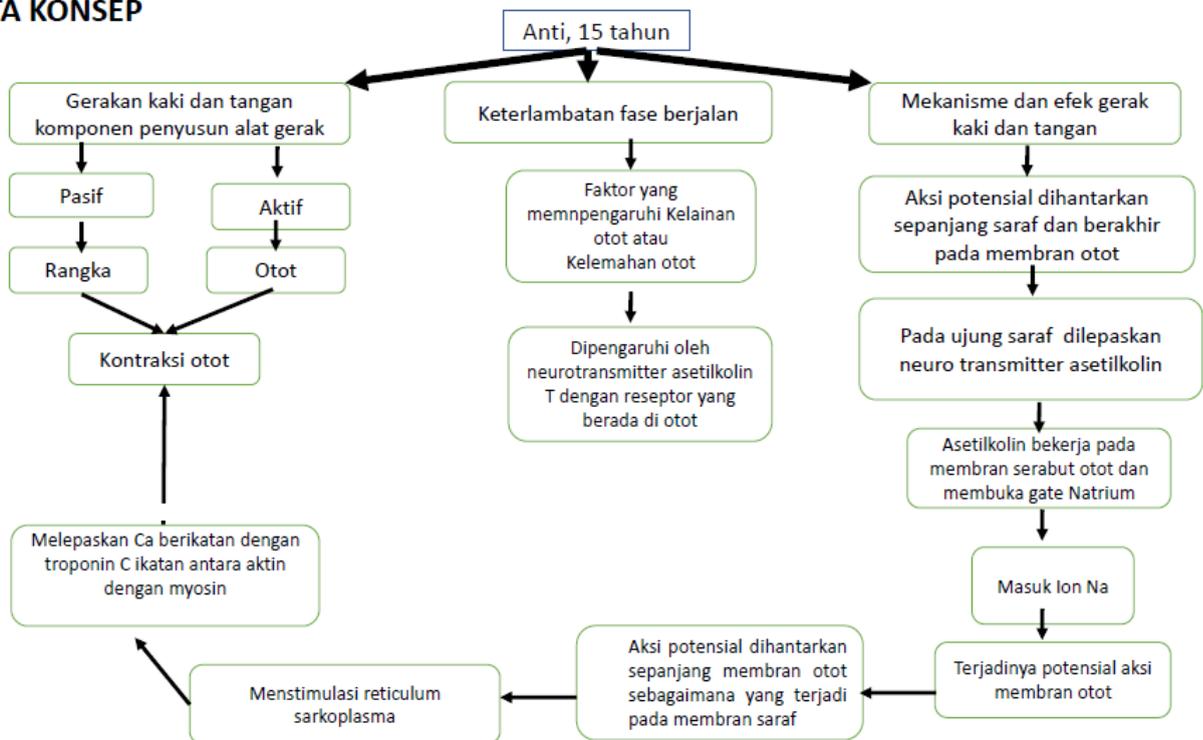
- Gerakan kaki dan tangan melibatkan komponen penyusun alat gerak.
- Komponen sistem anggota gerak memiliki karakteristik struktur dan fungsi yang berbeda.
- Keterlambatan fase berjalan.
- Mekanisme dan efek gerakan kaki dan tangan dalam latihan menyebabkan perubahan struktur dan fungsi komponen otot.

6.1 Peta Pemikiran Skenario 1



7.1 Peta konsep Skenario 1

PETA KONSEP



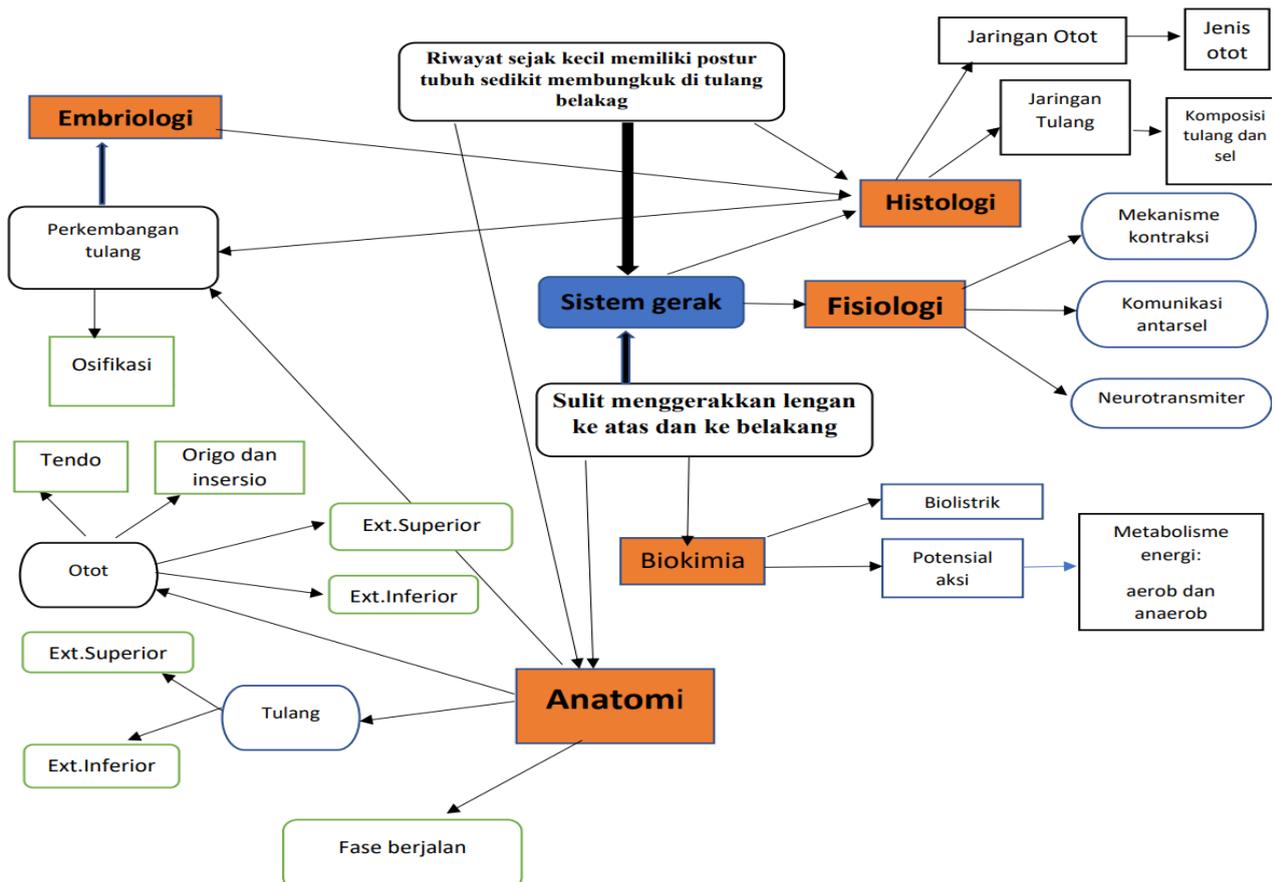
Skenario 2

Seorang perempuan berusia 30 tahun datang ke poliklinik dengan keluhan sulit menggerakkan lengan kanan ke atas dan ke belakang. Satu minggu yang lalu pasien masih mampu menyisir rambutnya. Sebelumnya pasien tidak mengalami cedera pada waktu olahraga. Pasien memiliki hobby olahraga pilates sejak kecil karena pasien memiliki riwayat sejak kecil memiliki postur tubuh sedikit membungkuk di tulang belakangnya.

5.2 Identifikasi masalah:

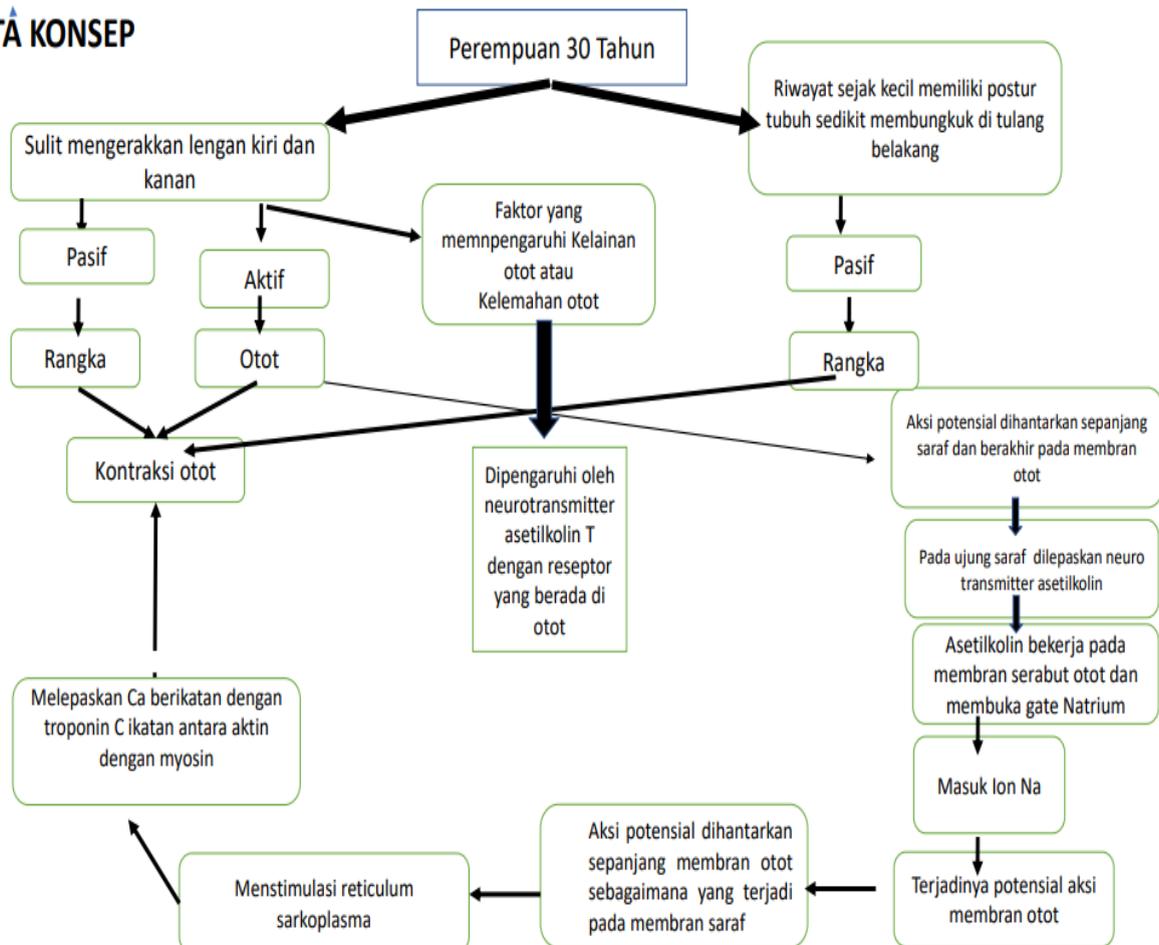
1. Perempuan 30 tahun.
2. Sulit menggerakkan lengan kanan ke atas dan ke belakang.
3. Riwayat sejak kecil memiliki postur tubuh sedikit membungkuk di tulang belakangnya.

6.2 Peta Pemikiran Skenario 2:



7.2 Peta konsep Skenario 2 :

PETA KONSEP



6. Problem Based Learning

Problem Based Learning (PBL) yaitu diskusi kelompok dengan pembelajaran berbasis masalah yang difasilitasi seorang tutor dengan menggunakan 7 langkah penyelesaian masalah di bawah ini:

- 1) Mengklarifikasi konsep (kata/kalimat/konsep)
- 2) Mendefinisikan masalah
- 3) Curah pendapat dengan peta pikiran
- 4) Membuat hipotesis menggunakan peta konsep
- 5) Memformulasikan tujuan belajar
- 6) *Self study*
- 7) Diskusi

PBL dilakukan sebanyak **1 kali** dengan membahas skenario. Pertemuan pertama melakukan **langkah 1-5 selama 2x50 menit**. Kemudian mahasiswa belajar mandiri untuk melakukan langkah 6. Pertemuan kedua melakukan **langkah ke-7 selama 3 x 50 menit**.

Cara penyusunan laporan PBL tersebut adalah sebagai berikut:

Format penulisan:

1. Diketik dengan menggunakan Microsoft Word, tipe huruf Times New Roman, ukuran 12, spasi tunggal.
2. Halaman judul berisi Judul Skenario, kelompok dan nama anggota kelompok serta NIM (nomor Induk mahasiswa) masing-masing, nama Tutor, Program Studi, Universitas, Tempat/kota dan Tahun
3. Halaman diberi nomor halaman di bagian kanan bawah
4. Pembahasan rangkuman harus mencantumkan rujukan pustaka yang digunakan (pada setiap akhir paragraf)
5. Mencantumkan daftar pustaka yang dipakai.
6. Sumber pustaka rujukan dapat berupa buku teks, buku saku, artikel dalam jurnal ilmiah dan informasi digital (internet).

Susunan Laporan:

Terdiri dari:

1. Kata Pengantar
2. Daftar Isi
3. Pendahuluan berisi latar belakang, sasaran pembelajaran.
4. Laporan lengkap langkah demi langkah (langkah 1 sampai dengan 7)
5. Rangkuman Pembahasan sesuai dengan sasaran pembelajaran
6. Penutup (Simpulan dan Saran)
7. Daftar Pustaka

Setiap kelompok terdapat ketua, sekeretaris, dan anggota kelompok. Berikut tugas tim dalam kelompok :

1) Tugas Ketua Kelompok :

a) Tugas ketua kelompok dalam pendahuluan

- Membuka diskusi dengan basmalah, surah pendek juz amma dan doa belajar
 - **Modul 1 pertemuan 1: Abasa ayat 1-7**
 - **Modul 1 pertemuan 2: Abasa ayat 8-14**
 - **Modul 2 pertemuan 1: Abasa ayat 15-21**
 - **Modul 2 pertemuan 2: Abasa ayat 22-28**
 - **Modul 3 pertemuan 1: Abasa ayat 29-35**
 - **Modul 3 pertemuan 2: Abasa ayat 36-42**
- Memastikan anggota kelompok saling mengenal
- Menyebutkan tujuan diskusi
- Mengarahkan kesepakatan untuk:
 - Berapa lama
 - Bagaimana materi dibicarakan (anggota ditunjuk, atau bergulir bebas, dll)
- Bersikap netral
 - Pendahuluan netral (tidak memberi opini di awal, membuat pertanyaan awal)

b) Tugas ketua kelompok dalam diskusi

- Menstimulasi proses
 - Mengundang seluruh peserta secara verbal dan non-verbal
 - Mengatur waktu supaya setiap orang berkesempatan berbicara

- Membuat contoh/ menjadi contoh
 - Mengobservasi proses
 - Menggali komen evaluasi atas prosedur.
 - Merangkul secara periodik dengan bahasa sendiri dari hasil mendengar aktif
 - Menjamin seluruh anggota kelompok memperoleh giliran berbicara menyatakan pendapat.
 - Menciptakan atmosfer yang baik
 - Membawa kelompok untuk membuat kesimpulan yang kesepakatan-kesepakatan
 - Mempimpin diskusi dari awal sampai akhir
 - Memelihara dinamika kelompok.
 - Menjaga ketepatan waktu.
- c) Tugas ketua kelompok dalam penutupan
- Menarik kesimpulan
 - Menutup diskusi dengan doa kafaraatul majelis

2) Tugas Sekretaris :

- a) Mencatat poin-poin dalam diskusi
- b) Sebagai anggota kelompok, tidak hanya mencatat tetapi juga melakukan tugas anggota kelompok

Tugas Anggota Kelompok :

- a) Mengikuti langkah-langkah diskusi yang ditentukan ketua kelompok
- b) Berpartisipasi aktif dalam kelompok :
 1. **Modul 1 pertemuan 1: Abasa ayat 1-7**
 2. **Modul 1 pertemuan 2: Abasa ayat 8-14**
 3. **Modul 2 pertemuan 1: Abasa ayat 15-21**
 4. **Modul 2 pertemuan 2: Abasa ayat 22-28**
 5. **Modul 3 pertemuan 1: Abasa ayat 29-35**
 6. **Modul 3 pertemuan 2: Abasa ayat 36-42**
- Aktif bertanya
- Tidak mendominasi diskusi atau berdiam diri dalam diskusi

- c) Mendengarkan pendapat peserta lain dengan seksama..
- d) Memastikan tujuan pembelajaran sudah didiskusikan

7. Peraturan

Tata Tertib Umum

Mahasiswa Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta (PSKD FKK UMJ) yang mengikuti Blok Menjadi Dokter Profesional dan Islami harus mematuhi tata tertib seperti di bawah ini:

- a. Berpakaian, berpenampilan dan bertingkah laku yang baik dan sopan layaknya seorang dokter. Tidak diperkenankan memakai pakaian ketat, berbahan *jeans*, baju kaos (dengan/tanpa kerah), dan sandal.
- b. Mahasiswa laki-laki berambut pendek dan rapih.
- c. Mahasiswi diwajibkan memakai jilbab dan busana muslimah di setiap kegiatan berlangsung.
- d. Tidak diperkenankan merokok di lingkungan PSKD FKK UMJ.
- e. Menjaga ketertiban dan kebersihan di lingkungan PSKD FKK UMJ.
- f. Memakai papan nama resmi yang dikeluarkan dari PSKD FKK UMJ di setiap kegiatan akademik kecuali perkuliahan. Jika papan nama rusak atau dalam proses pembuatan, maka mahasiswa wajib membawa surat keterangan dari bagian pendidikan.
- g. Mahasiswa wajib mengumpulkan tugas tepat waktu
- h. Mahasiswa yang tidak hadir karena sakit wajib memberitahu bagian akademik dan selanjutnya membawa lampiran bukti keterangan sakit dari dokter (diterima paling lambat 3 hari sejak dinyatakan sakit).
- i. Mahasiswa yang hadir terlambat 15 menit setelah kegiatan pembelajaran berlangsung boleh mengikuti kegiatan, namun dinyatakan tidak hadir.
- j. Tidak diperbolehkan melakukan plagiarisme
- k. Tidak diperbolehkan mengabsensikan/ memalsukan tanda tangan teman mahasiswa yang tidak hadir.
- l. Tidak diperbolehkan melakukan kecurangan pada saat ujian dalam bentuk apapun
- m. Syarat mengikuti ujian praktikum adalah kehadiran praktikum minimal 75% dari jumlah pertemuan terjadwal
- n. Syarat mengikuti ujian akhir blok adalah kehadiran kuliah minimal 75% dari jumlah pertemuan terjadwal.

TATA TERTIB DISKUSI TUTORIAL

1. Kelompok diskusi terdiri dari 10-15 mahasiswa yang diatur oleh Bagian Pendidikan PSKd FKK UMJ.
2. Kelompok diskusi ini difasilitasi oleh satu orang tutor. Tutor juga merupakan bagian dari diskusi kelompok.
3. Anggota kelompok diskusi memilih ketua dan sekretaris kelompok.
4. Ketua bertugas untuk mengarahkan diskusi dan membagi tugas pada anggota kelompok.
5. Sekretaris bertugas menuliskan semua hasil diskusi pada satu kertas lembar balik.
6. Mahasiswa wajib mengikuti seluruh kegiatan tutorial.
7. Datang 10 menit sebelum tutorial dimulai.
8. Seluruh mahasiswa diwajibkan mengerjakan tugas individu berupa jawaban pertanyaan diskusi tutorial pertama dalam lembar kerja di modul mahasiswa. Tugas ini diperlihatkan sebelum diskusi tutorial kedua dimulai.
9. Laporan hasil diskusi tutorial dalam bentuk paper dalam bentuk softcopy dikumpulkan ke tutor PBL atau akademik pendidikan maksimal 3 hari sebelum modul berikutnya dilaksanakan. Jika laporan tutorial tidak dikumpulkan atau terlambat atau diluar waktu maksimal kelompok tersebut tidak dapat mendapat nilai laporan tutorial.

8. Referensi

Referensi merupakan bahan bacaan sebagai rujukan materi yang dipelajari dalam blok ini. Referensi yang digunakan dapat diakses melalui *e-learning*.

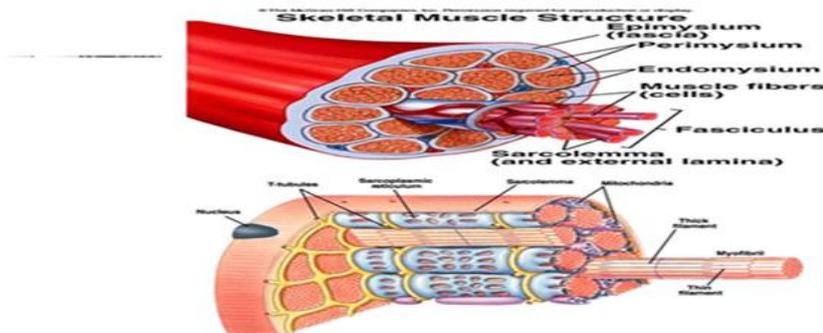
Daftar Pustaka:

1. Atlas sobotta.
2. Buku aja anatomi sobotta. Elsevier.2015
3. Atlas Yokochi.
4. Gray anatomis.
5. Prometheus anatomi.
6. Anatomi klinik 1, 2,3.
7. Embriologi Langman.
8. Sherwood, Lauralee. (2016). Human Physiology : From Cells to Systems (9). Australia: Cengage Learning.
9. Guyton, C.A., Hall, J.E. (2016). Buku Ajar Fisiologi Kedokteran edisi 9. Terjemah: Irawati Setiawan. EGC.
10. Ross, MH., Pawlina, W. Histology: A text and Atlas With correlated cell and molecular biology, Edisi 5.
11. Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Harpers's Illustrated Biochemistry. 31st Ed. McGraw-Hill Education. 2018.
12. Nelson DL, Lehninger AL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry 8th Ed. W.H Freeman. 2021.
13. W.F Ganong, 2008.Buku ajar fisiologi kedokteran edisi 22.EGC.

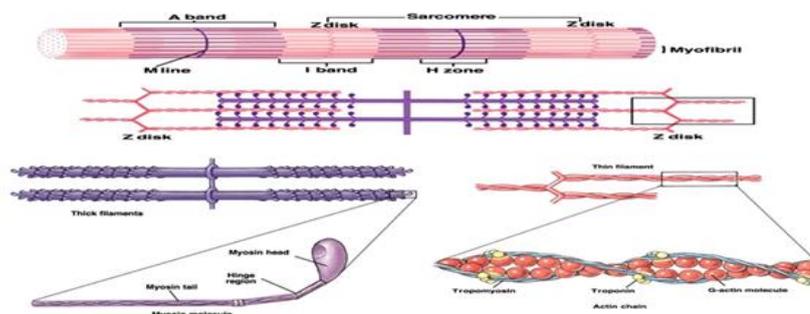
12. Tinjauan Pustaka

FISIOLOGI MUSKULOSKELETAL

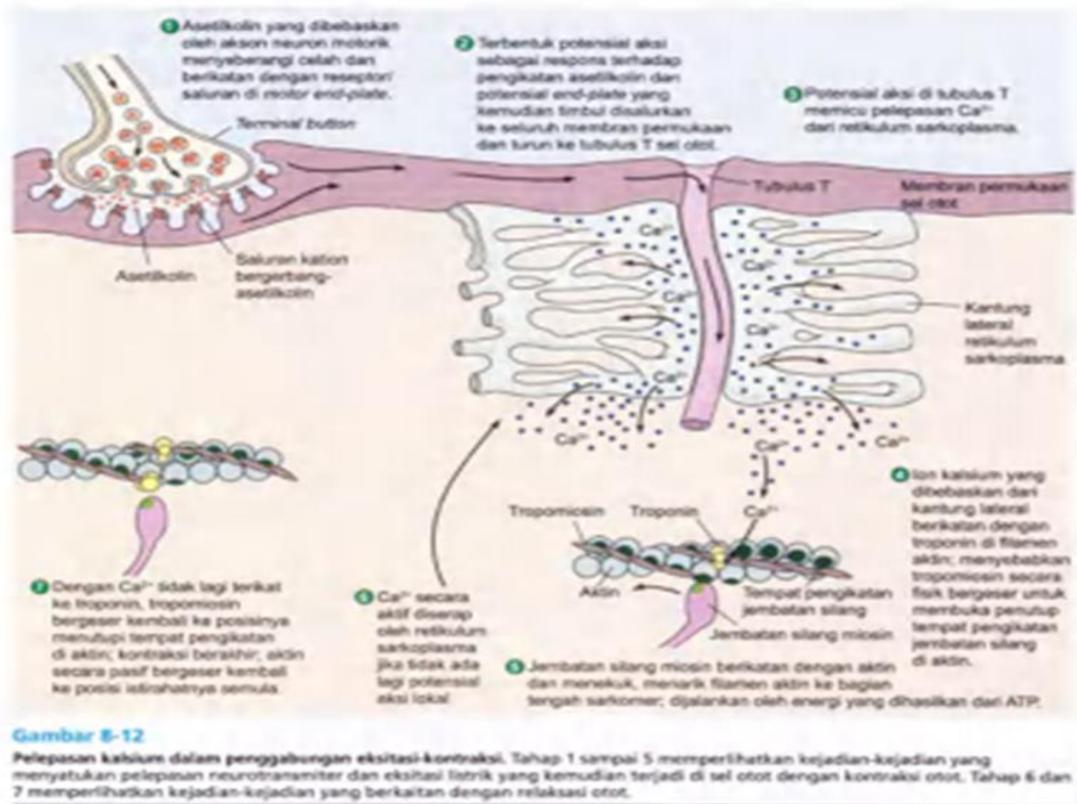
Serat otot rangka merupakan kumpulan fasciculus (sel otot berbentuk silindris yg diikat oleh jaringan ikat). Seluruh serat otot dihimpun menjadi satu oleh jaringan ikat yg disebut epimysium (fascia). Unit strukturalnya berdiameter 0,01-0,1 mm dgn panjang 1-40 mm. Besar dan jumlah jaringan, terutama jaringan elastik, akan meningkat sejalan dengan penambahan usia. Setiap 1 serat saraf dilapisi oleh jaringan elastik tipis yg disebut sarcolemma. Protoplasma serat otot yang berisi materi semicair disebut sarkoplasma. Di dalam matriks serat otot terbenam unit fungsional otot berdiameter 0,001 mm yg disebut miofibril.



Di bawah mikroskop, miofibril akan tampak spt pita gelap & terang yang bersilangan. Pita gelap (thick filament) dibentuk oleh miosin, dan pita terang (thin filament) dibentuk oleh aktin, troponin & tropomiosin)



Mekanisme kontraksi otot rangka



Mekanisme kontraksi otot rangka:

Kontraksi otot secara umum mengikuti urutan proses berikut :

1. Aksi potensial dihantarkan sepanjang saraf dan berakhir pada membran otot
2. Pada ujung saraf dilepaskan neurotransmitter asetilkolin
3. Asetilkolin akan bekerja pada membran serabut otot dan membuka gate Natrium
4. Masuknya ion Natrium dalam jumlah banyak memulai terjadinya aksi potensial pada membran otot
5. Aksi potensial dihantarkan sepanjang membran otot sebagaimana yang terjadi pada membran saraf
6. Aksi potensial yang terjadi di membran otot akhirnya sampai ke bagian tengah otot yang menstimulasi retikulum sarkoplasma melepaskan ion Kalsium
7. Ion Kalsium akan berikatan dengan troponin-C, dan ini mengawali ikatan antara aktin dengan myosin
8. Ikatan antara aktin dan myosin menyebabkan kedua filamen ini saling menarik ke arah tengah (sliding filament mechanism) dan inilah yang disebut kontraksi otot

9. Setelah beberapa waktu, ion Kalsium dipompa kembali ke retikulum sarkoplasma, lalu terjadi pelepasan ikatan antara aktin dan myosin (relaksasi).

Kontraksi yang terjadi melalui sliding filament mechanism, akibat terbentuknya cross-bridge yang disusun oleh filamen myosin dan aktin, yang akan menarik aktin ke arah myosin (tengah). Kekuatan untuk menarik diperoleh dari ATP yang tersedia di kepala myosin dan akan aktif saat aksi potensial mencapai bagian otot.

Sumber energi otot:

Terdapat 3 jenis sumber energi untuk kontraksi otot rangka

- 1) Fosfokreatin yang mengandung banyak ATP dan dapat langsung digunakan oleh otot tetapi cepat habis (sekitar 5-8 detik)
- 2) proses glikolisis dari glikogen membentuk asam piruvat dan asam laktat. Reaksi ini tidak memerlukan oksigen dan pembetukan energi 2,5 kali lebih cepat dari mekanisme fosforilasi oksidatif. Namun karena akumulasi asam laktat biasanya otot mudah mengalami kelelahan dalam beberapa menit
- 3) Fosforilasi oksidatif merupakan kombinasi antara oksigen dengan produk glikolisis tetapi membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan energi. Umumnya 95% sumber energi otot didapatkan dari sumber ini.

Neuromuscular junction Neuromuscular junction

Neuromuscular junction adalah daerah pertemuan atau sinaps antara membran sel saraf dan membran otot. Di daerah inilah terjadi stimulasi dari bagian saraf ke bagian otot melewati proses yang disebut transmisi sinaptik kimiawi dengan pelepasan asetilkolin. Asetilkolin yang dilepaskan dari bagian saraf selanjutnya akan diterima oleh reseptor yang berada di bagian otot, sehingga ikatan antara asetilkolin dengan reseptornya memicu masuknya ion Natrium ke dalam selsel otot sehingga terjadi aksi potensial di otot dan hal inilah yang menginisiasi kontraksi otot. Bagian otot yang berada di daerah neuromuscular junction ini biasa disebut motor end plate. Konsentrasi neurotransmitter asetilkolin menentukan kecepatan dan kekuatan kontraksi otot yang terjadi, dan dalam sinaps tersedia enzim asetilkolinesterase yang akan menginaktivasi asetilkolin agar kontraksi otot tidak terjadi terus menerus. Juga terdapat beberapa zat yang dapat menghambat neurotransmitter yang secara normal menginhibisi konduksi sinyal akibat ikatan antara asetilkolin dengan reseptornya seperti GABA dan glysin, yang jika hal ini terjadi akan terjadi konduksi terus menerus sehingga terjadi tetani. Sebaliknya jika asetilkolin tidak cukup

banyak atau tidak mencapai reseptornya oleh karena suatu sebab (obat, racun, toksin bakteri) maka kontraksi tidak akan terjadi pada otot. Jadi hubungan antara neurotransmitter asetilkolin dengan reseptornya, juga kehadiran asetilkolinesterase dan rangsangan inhibisi oleh neurotransmitter lainnya (GABA) sangat penting untuk membentuk kontraksi otot yang normal.

Referensi:

1. Buku ajar fisiologi kedokteran, W.F Ganong.
2. Fisiologi Manusia dari sel ke sistem. Lauralee Sherwood.
3. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, Guyton and Hall.

Suplemen Anatomi: Sistem muskuloskeletal

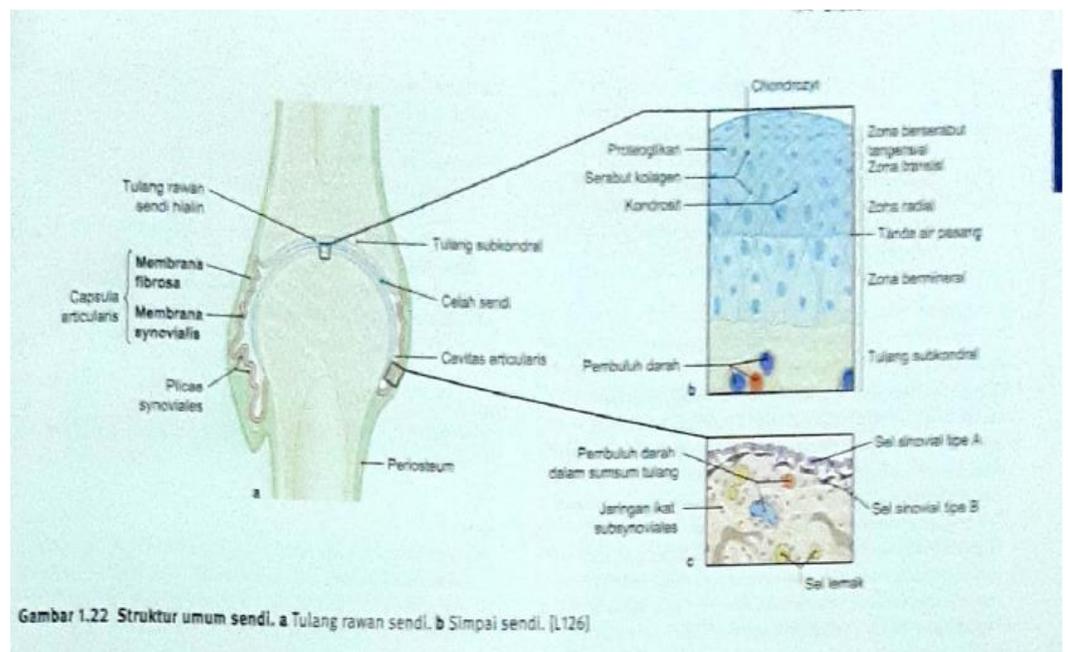
Sistem muskuloskeletal terdiri dari bagian pasif (tulang, tulang rawan, pengikat dan sendi) dan bagian aktif (otot dan tendon).

Tulang rawan, seperti tulang termasuk jaringan penunjang tubuh. Tulang rawan terdiri atas sel tulang rawan (kondrosit) dan matrik ekstraseluler (MES), yang memiliki bagian terpenting yaitu proteoglikan dan serabut kolagen.

Tulang terdiri atas substansi organik (terutama kolagen tipe 1 dan sel tulang (osteosit, osteoblast, osteoklast), matriks anorganik(berisi garam, seperti kalsium fosfat, magnesium fosfat, kalsium karbonat serta kalsium, kalium, natrium yang berikatan dengan klor dan fluor). Pembentukan tulang (formasi tulang) dan pemecahan tulang (resorpsi tulang) dipengaruhi banyak factor, seperti tekanan mekanik, hormone, factor pertumbuhan, molekul matriks dan sitokin.

Fungsi tulang :

- Penyangga (keseluruhan sistem tulang)
- Pelindung (cranium dan canalis vertebralis)
- Cadangan kalsium (keseluruhan sistem tulang)
- Pembentukan darah(keseluruhan sistem tulang yang dipengaruhi usia)



Tab. 1.6 Pembagian tulang

Gambaran	Contoh	Penjelasan
Tulang panjang (Ossa longa), disebut tulang pipa	Femur, humerus	<ul style="list-style-type: none"> Mempunyai batang (corpus) dan ujung (ekstremitas) Di dalam batang terdapat rongga sumsum (cavitas medularis)
Tulang pipih (Ossa plana), disebut tulang plana	Os parietale, scapula	Terdiri atas 2 lamela padat yang diantaranya terdapat bagian spongiosa terintegrasi
Tulang pendek (Ossa brevia)	Tulang pergelangan tangan, tulang pergelangan kaki	Tidak mempunyai rongga sumsum, tetapi bagian tengah berupa spongiosa
Tulang tidak beraturan (Ossa irregularia)	Vertebra	Tulang yang tidak termasuk kategori sebelumnya
Tulang berisi udara (Ossa pneumatika)	Maxilla, os etmoidale	Tulang, yang berisi satu atau beberapa rongga udara dan dilapisi mukosa.
Tulang sesamoid (Ossa sesamoidea)	Patela, os pisiforme	Tulang yang tersimpan di dalam tendon
Tulang tambahan (Ossa accessoria)	Os trigonum	Tulang tambahan yang tidak selalu ada

Pembentukan tulang (Osteogenesis)

Berdasarkan evolusi pembentukan tulang, tahap awal tulang terbentuk dari tulang rawan atau precursor jaringan ikat (Pemadatan mesenkim, blastema). Pembentukan tulang (Osteogenesis) terjadi melalui proses intramembranosa (jaringan ikat, langsung) dan endokondral (tulang rawan, tidak langsung), pembentukan struktur tulang yang belum matang (serabut tulang, tulang primer) dan yang matang (tulang lamelar sekunder).

Periosteum dan Endosteum

Periosteum terdiri atas lapis jaringan ikat yang menyelubungi (*stratum fibrosum*) dan lapis dalam yang merupakan lapisan regenerasi untuk pemeliharaan (*stratum osteogenicum*). Periosteum memiliki banyak persarafan dan pendarahan. Bagian dalam tulang (trabekula spongiosa) ditutup oleh satu lapis epitel yaitu endosteum.

Sendi.

Sendi (junctura) adalah hubungan yang dapat bergerak antara bagian tulang rawan dan/atau tulang skelet.

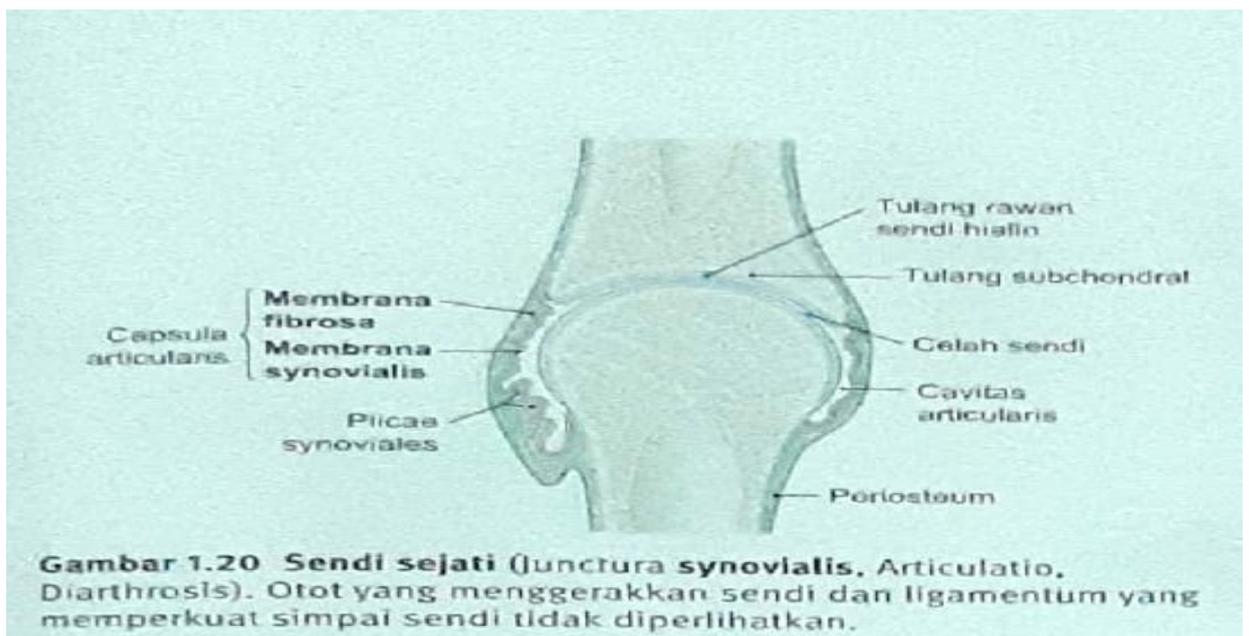
Hubungan Sendi.

Sehubungan terbentuk 2 jenis sendi:

- Sendi palsu (synarthrosis, hubungan bersinambungan).
- Sendi sejati (diarthrosis, hubungan tidak bersinambungan).

Tab. 1.7 Synarthrosis

Synarthrosis	Sinonim	Jaringan pengisi	Deskripsi	Contoh
Sendi jaringan ikat (→ Gambar 1.18a)	Syndesmosis, junctura fibrosa	Jaringan ikat (kolagen, serabut elastis)	2 tulang saling terhubung melalui jaringan ikat	<ul style="list-style-type: none"> • Membrana interossea cruris, Syndesmosis tibiofibularis, fontanelia kepala • Bentuk khusus: Gomphosis (pengantuan gigi di alveoli gigi rahang)
Sendi tulang rawan (→ Gambar 1.18b)	Synchondrosis, junctura cartilaginea	Tulang rawan (tulang rawan hialin, serabut tulang rawan)	2 tulang saling terhubung melalui tulang rawan	Penyatuan epiphysis, tulang rawan iga, symphysis pubica
Sendi tulang (→ Gambar 1.18c)	Synostosis, Junctura ossea	Tulang	Secara sekunder 2 tulang saling bergabung melalui jaringan tulang	Os sacrum, Os coxae, penyatuan epiphysis sesudah akhir pertumbuhan, setiap sutura

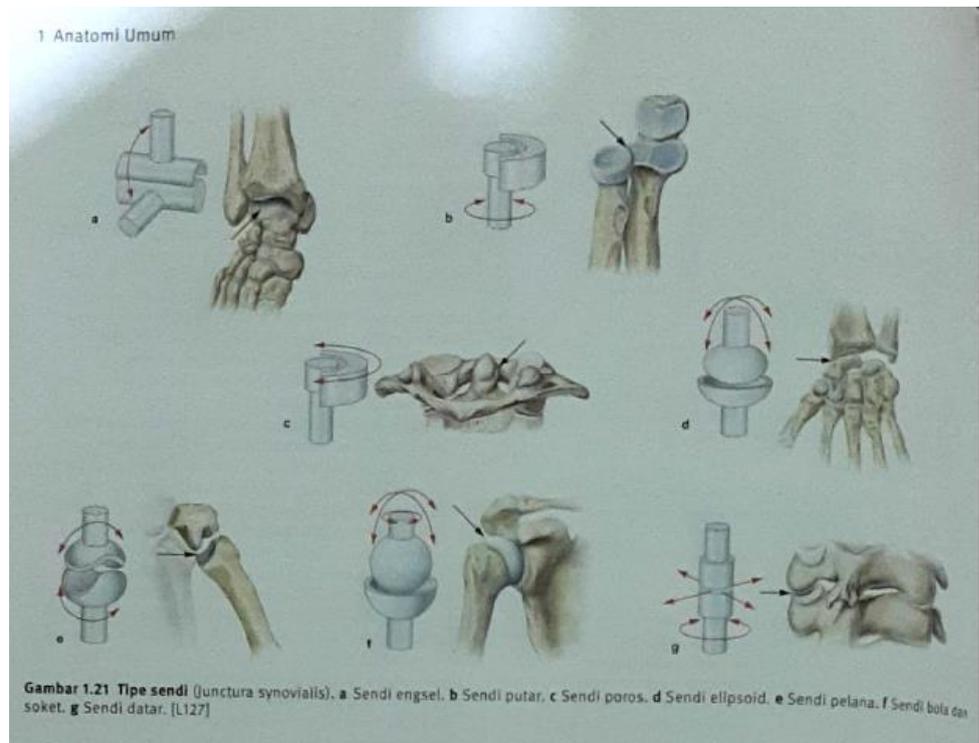


Tipe sendi:

Umumnya sendi mempunyai cakupan gerak yang penting berdasarkan:

- Jumlah sumbu gerak (sesuai dengan sumbu tubuh) atau derajat kebebasan:
 - Satu sumbu
 - Dua sumbu
 - Banyak sumbu
- Jumlah unsur skelet yang saling bersendi:

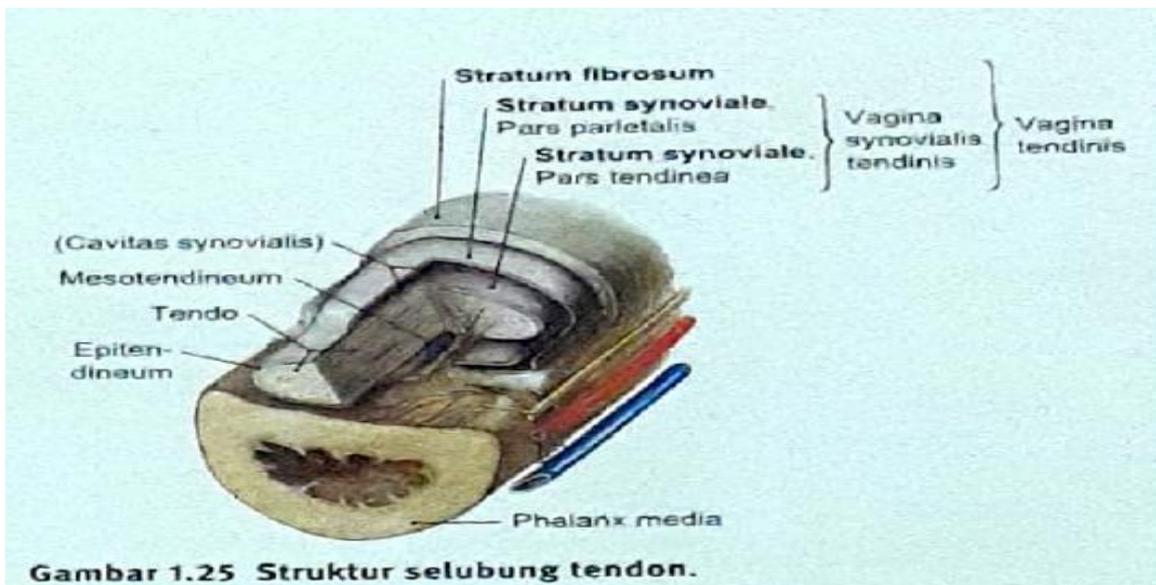
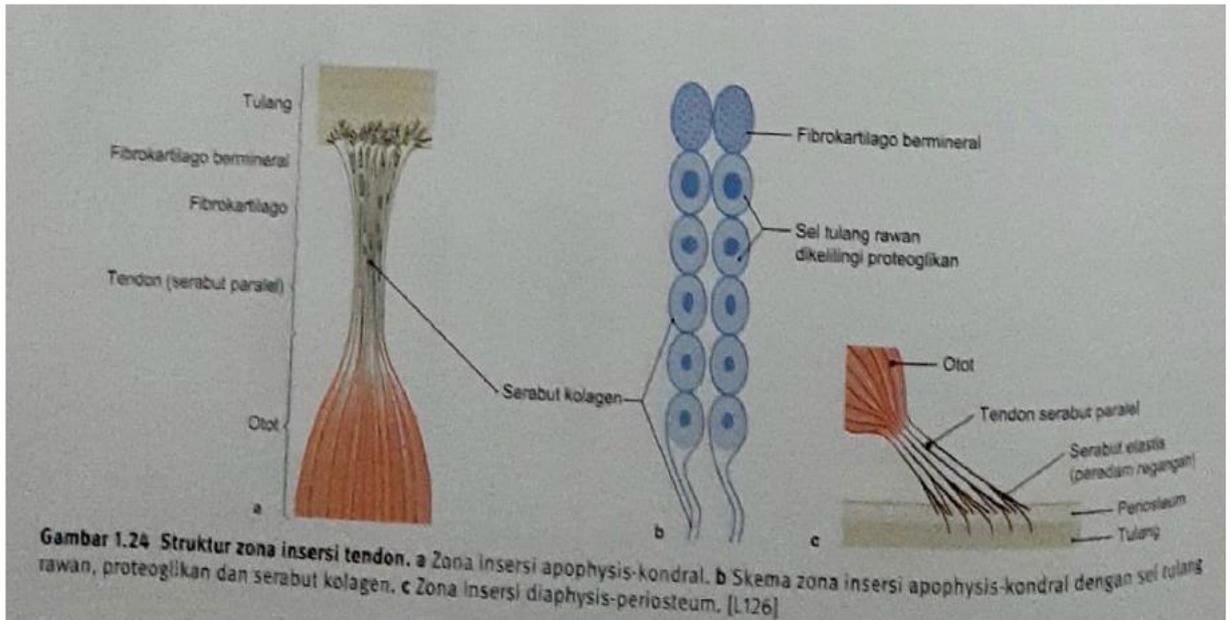
- Sendi sederhana
- Sendi gabungan
- Bentuk dan model permukaan sendi.
 - Sendi silinder atau bergulir:
 - ✓ Sendi engsel
 - ✓ Sendi putar
 - ✓ Sendi poros
 - Sendi telur
 - Sendi pelana
 - Sendi bola
 - Sendi atau luncur



Zona insersi tendon:

Berfungsi untuk menyesuaikan unit elastisitas jaringan ikat, tulang rawan, tulang sehingga tidak ada robekan tendo di daerah insersi.

- Zona insersi apophysis kondral: zona ini terdapat pada semua otot, yang berinsersi di daerah yang sebelumnya merupakan apophysis tulang rawan, juga pada beberapa otot lainnya.
- Zona insersi diaphysis-periosteum: zona ini khas untuk diaphysis tulang Panjang.



Struktur tambahan otot dan tendon adalah:

- Fascia (selubung jaringan ikat) :
Pembungkus yang terdiri atas jaringan ikat kolagen, yang menyelubungi setiap otot, beberapa otot (kelompok otot) dan seperti pembungkus atau kaos kaki.
- Retinaculum (jaringan ikat yang mempertahankan ligament)
- Sarung Tendon: Menyelubungi tendon.
- Bursa : Bursa yang elastis terhadap tekanan yang memungkinkan pergeseran tendon dan otot di atas tulang dan tendon.
- Tulang sesamoid: Tulang yang tersimpan didalam tendon dan berfungsi terhadap tendon untuk melindungi gesekan yang terlalu besar atau memperpanjang lengan tuas dan menyimpan kekuatan otot.



Referensi:

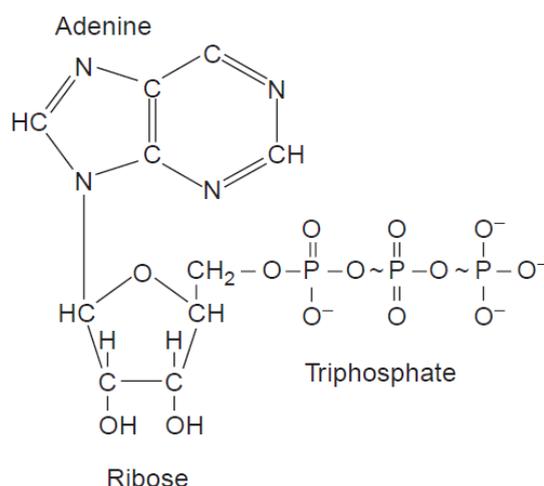
1. Buku ajar anatomi sobotta. Elsevier.2015.

BIOKIMIA

METABOLISME

Salah satu fungsi terpenting dari traktus gastrointestinal adalah mencerna nutrisi berupa karbohidrat, lemak, mineral, vitamin dan air yang digunakan makhluk hidup untuk memproduksi energi, penyusunan protein kompleks dan lemak, serta pemertahanan elektrolit dan total cadangan cairan tubuh. Produksi energi melibatkan oksidasi nutrisi (karbohidrat, lemak, dan protein) yang menghasilkan ikatan fosfat berenergi tinggi dimana energi disimpan untuk proses kehidupan, serta karbon dioksida dan air dihasilkan sebagai produk sampingan.

Ikatan fosfat berenergi tinggi yang paling penting adalah adenosin trifosfat (ATP) (Gambar 33-1). Molekul yang tersebar di seluruh tubuh ini adalah tempat penyimpanan energi bagi tubuh, menyediakan energi yang diperlukan untuk semua proses fisiologis dan reaksi kimia. Kemungkinan, proses intraseluler yang paling penting yang memerlukan energi dari hidrolisis ATP adalah pembentukan ikatan peptida antar asam amino selama sintesis protein. Selain itu, kontraksi otot skeletal juga tidak dapat terjadi tanpa adanya energi yang berasal dari hidrolisis ATP.



Gambar 1. Metabolisme nutrisi dalam sel diarahkan menuju sintesis akhir adenosin trifosfat (ATP). Energi yang diperlukan untuk proses fisiologis dan Reaksi kimia berasal dari fosfat berenergi tinggi yang berikatan dengan ATP.

Metabolisme nutrisi diperlukan untuk pembentukan ATP yang ketika dihidrolisis akan menghasilkan energi untuk transpor ion pada semua membran sel. Transpor aktif diperlukan untuk mempertahankan distribusi ion yang diperlukan untuk beberapa proses seluler, antara lain untuk propagasi impuls saraf. Pada tubulus ginjal, 80% dari ATP digunakan untuk transpor ion membran. Sebagai tambahan dari fungsinya sebagai transfer energi, ATP juga merupakan prekursor dari siklik adenosin monofosfat (cAMP), sebuah molekul sinyal yang penting.

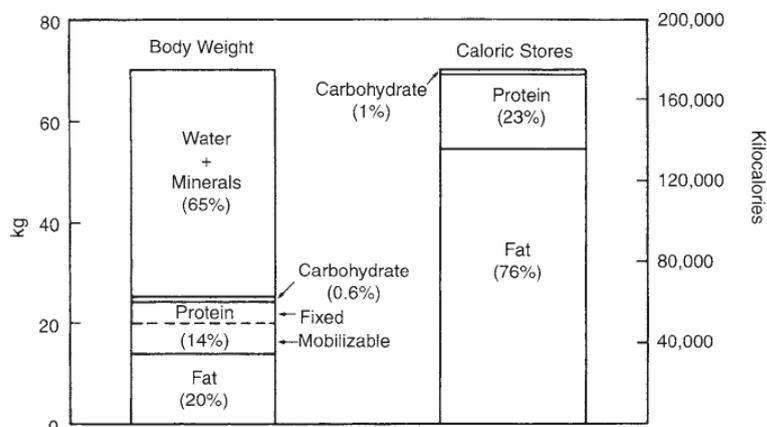
Pada orang dewasa, total kebutuhan energi rata-rata 39 kkal/kg pada pria dan 34 kkal/kg pada wanita. Sekitar 20 kkal/kg digunakan sebagai metabolisme basal yang diperlukan untuk mempertahankan integritas membran sel dan tugas lain yang memerlukan energi untuk membuat kita tetap hidup. Pada keadaan istirahat, pengeluaran kalori basal kira-kira sekitar 1,1 kkal per menit, yang memerlukan sekitar 200 sampai 250 mL oksigen per menit pada seorang pria dengan berat badan 70 kg untuk oksidasi nutrisi. Semakin meningkatnya tingkat aktivitas di atas keadaan basal, kebutuhan kalori (dan oksigen) semakin meningkat sebanding dengan pengeluaran energi yang dibutuhkan (Tabel 33-1).

Tabel 1. Estimasi Pengeluaran Energi pada Orang Dewasa.

Aktivitas	Pengeluaran Energi (kkal/menit)
Basal	1.1
Duduk	1.8
Berjalan (2.5 mil/jam)	4.3
Berjalan (4 mil/jam)	8.2
Menaiki tangga	9.0
Berenang	10.9
Bersepeda (13 mil/jam)	11.1

Nilai kalori dari karbohidrat, lemak, dan protein berkisar 4.1 kkal/g, 9.3 kkal/g, dan 4.1 kkal/g, secara berurutan. Lemak mencakup sebagian besar dari tempat penyimpanan energi karena massanya yang lebih besar dan nilai kalori yang lebih tinggi (Gambar. 33-2). Oleh karena itu, bentuk utama dari energi kimia yang disimpan dalam tubuh adalah lemak (trigliserida). Tingginya

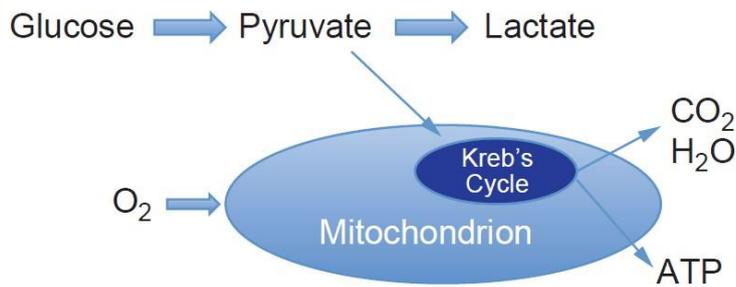
densitas kalori dan sifat hidrofobik dari trigliserida memungkinkan penyimpanan energi yang efisien tanpa adanya akibat osmotik yang merugikan.



Gambar 2. Perbandingan komposisi berat badan dengan cadangan kalori.

1. METABOLISME KARBOHIDRAT

Karbohidrat meliputi sekelompok senyawa organik yang mencakup gula dan pati, serta selain karbon, karbohidrat mengandung hidrogen dan oksigen dalam rasio yang sama dengan air (2:1). Tiga disakarida sangat penting bagi manusia adalah sukrosa: glukosa dan fruktosa; laktosa: glukosa dan galaktosa; dan maltosa: glukosa dan glukosa. Pati, yang terdapat di biji-bijian seperti gandum, nasi, dan barley dan tumbuhan lain, seperti kentang dan jagung, terdiri dari banyak unit glukosa yang terikat oleh ikatan glikosidik. Gula adalah sumber energi yang penting bagi tubuh dan satu-satunya sumber energi bagi otak. Hati adalah tempat metabolisme karbohidrat dimana regulasi, penyimpanan, dan produksi glukosa berlangsung. Hati merupakan satu-satunya organ yang mengandung glukosa kinase, enzim yang memiliki laju reaksi tinggi (K_m), mampu memfosforilasi glukosa, tapi hanya ketika konsentrasinya tinggi. Konsentrasi yang cukup segera muncul setelah makan ketika konsentrasi glukosa di vena porta meningkat. Setidaknya 99% dari semua energi yang berasal dari karbohidrat digunakan oleh mitokondria untuk membentuk ATP di dalam sel (Gambar. 33-3).



Gambar 3. Pembentukan ATP dari glukosa.

Produk akhir dari pencernaan karbohidrat pada traktus gastrointestinal adalah glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Setelah diabsorpsi ke sirkulasi, fruktosa dan galaktosa segera diubah menjadi glukosa. Sehingga, glukosa adalah molekul utama yang digunakan untuk memproduksi ATP. Glukosa ini harus ditranspor melewati membran sel ke dalam sitoplasma sel sebelum dapat digunakan oleh sel.

Transpor ini menggunakan carrier protein dalam *difusi yang dimediasi oleh carrier*, yang ditingkatkan oleh insulin, sehingga transpor glukosa ke dalam sel pada diabetes mellitus atau sepsis, mengakibatkan hiperglikemia disertai sekuele lainnya. Segera setelah masuk ke dalam sel, glukosa dikonversi menjadi glukosa-6-fosfat oleh kerja enzim heksokinase. Glukosa yang terfosforilasi terionisasi pada pH 7 dan karena membran plasma tidak permeabel terhadap ion, glukosa yang terfosforilasi tidak dapat melewati membran kembali dan terperangkap di dalam sel.

Fetus mendapatkan hampir semua energinya melalui glukosa yang didapatkan dari sirkulasi maternal. Segera setelah lahir, cadangan glikogen bayi masih cukup untuk memasok glukosa selama beberapa jam. Selanjutnya, glukoneogenesis sangat terbatas pada neonatus. Akibatnya, neonatus rentan untuk mengalami hipoglikemia jika tidak segera diberi makanan.

1.1 Glikogen

Setelah masuk ke dalam sel, glukosa dapat langsung digunakan untuk pelepasan energi ke dalam sel atau dapat berperan sebagai substrat untuk glikogensintase. Defosforilasi dari enzim glikogen sintase oleh protein fosfatase-1, yang diregulasi oleh insulin dan glukagon, mengaktifkan enzim ini. Glikogen sintase

yang aktif menggabungkan molekul glukosa menjadi polimer yang panjang, mirip dengan cara tumbuhan menyimpan karbohidrat dalam bentuk pati. Glikogen sintase dinonaktifkan ketika difosforilasi oleh glikogen sintase kinase-3, protein kinase yang diaktifkan oleh 5'-adenosin monofosfat, dan protein kinase-A. Hati dan otot skeletal mampu menyimpan glikogen dalam jumlah besar, tapi semua sel dapat menyimpan paling tidak sedikit glukosa dalam bentuk glikogen, dan glikogen dalam sel-sel ini diketahui memiliki peran penting dalam kesehatan dan penyakit.

Hati menyimpan glikogen untuk pelepasan glukosa saat puasa, dan otot, yang dapat menyimpan sebanyak 90% glukosa yang terkandung dalam satu kali makan, mengkatabolisme glikogen saat olahraga berat. Kemampuan untuk membentuk glikogen memungkinkan kita menyimpan glukosa dalam jumlah yang cukup besar tanpa mengganggu tekanan osmotik cairan intraseluler. Glukosa diambil dari glikogen diantara waktu makan, selama puasa, dan selama olahraga oleh glikogen fosforilase dan oleh enzim pencabang.

1.2 Glukoneogenesis

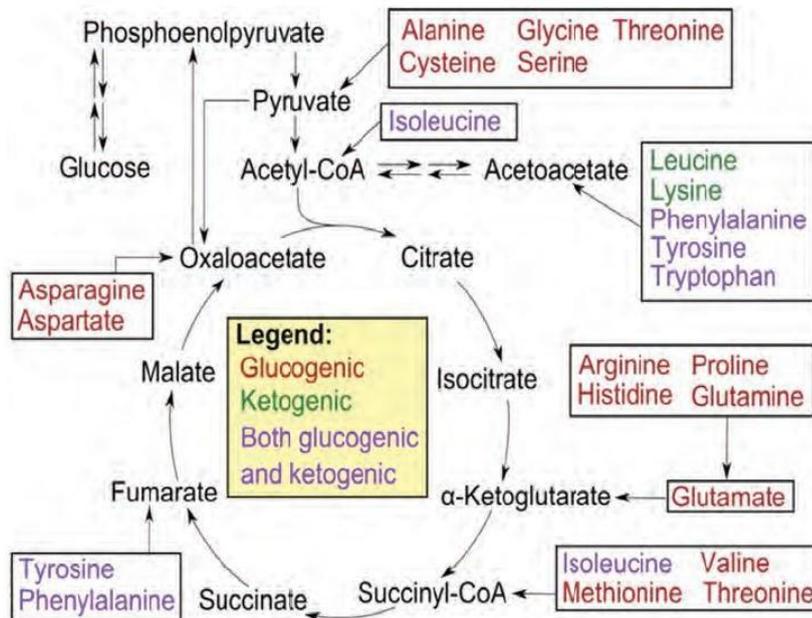
Glukoneogenesis adalah pembentukan glukosa dari asam amino dan gliserol dari lemak. Pertama-tama asam amino dideaminasi sebelum masuk ke siklus asam sitrat (Krebs) (lihat Gambar. 33-3). Proses ini terjadi ketika cadangan glikogen tubuh menurun dibawah nilai normal. Diperkirakan sekitar 60% dari asam amino dalam protein tubuh dapat dikonversi dengan mudah menjadi piruvat dan glukosa, sementara 40% sisanya memiliki konfigurasi kimiawi yang membuatnya sulit dikonversi.

Glukoneogenesis distimulasi oleh hipoglikemia. Terutama di hati, pelepasan kortisol memobilisasi protein, sehingga dapat dipecahkan menjadi asamamino yang digunakan dalam glukoneogenesis. Tiroksin juga dapat meningkatkan laju glukoneogenesis.

1.3 Pelepasan Energi dari Glukosa

Glukosa secara progresif dipecah menjadi dua molekul piruvat, yang keduanya dapat masuk ke dalam siklus asam sitrat (Gambar 33-4), dan energi

yang dihasilkan dapat digunakan untuk membentuk ATP. Untuk setiap mol glukosa yang terdegradasi menjadi karbon dioksida dan air, menghasilkan 38 mol ATP. Cara yang paling penting bagaimana energi dilepaskan dari molekul glukosa adalah melalui glikolisis dan oksidasi produk akhir glikolisis. Glikolisis adalah pemisahan molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat, yang masuk ke dalam mitokondria dimana piruvat diubah menjadi asetil-koenzim A (CoA), yang masuk ke dalam siklus asam sitrat dan diubah menjadi karbon dioksida dan ion hidrogen dengan pembentukan ATP (fosforilasi oksidatif). Fosforilasi oksidatif terjadi hanya di mitokondria dan jika ada oksigen yang adekuat.



Gambar 4. Siklus asam sitrat

1.4 Glikolisis Anaerob

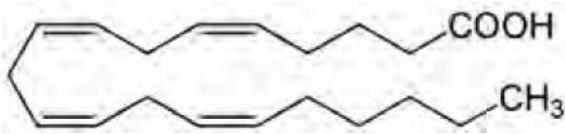
Saat tidak ada oksigen yang cukup, energi dapat dilepaskan dalam jumlah kecil melalui glikolisis anaerob, yang juga dikenal dengan fermentasi pada tumbuhan, jamur, dan bakteri karena konversi glukosa menjadi piruvat tidak membutuhkan oksigen. Memang, glukosa adalah satu-satunya nutrisi yang dapat berperan sebagai substrat untuk pembentukan ATP tanpa oksigen. Pelepasan energi glikolitik ini ke sel dapat menyelamatkan nyawa untuk beberapa menit jika oksigen tidak tersedia.

Selama glikolisis anaerob, sebagian besar asam piruvat diubah menjadi asam laktat, yang berdifusi dengan cepat keluar dari sel menuju cairan ekstraseluler. Ketika oksigen tersedia lagi, asam laktat ini dapat diubah kembali menjadi glukosa. Rekonversi ini terjadi terutama di hati. Penyakit hati yang berat dapat mengganggu kemampuan hati untuk mengubah asam laktat menjadi glukosa, yang dapat mengakibatkan asidosis metabolik.

2. METABOLISME LEMAK

Lemak adalah molekul organik hidrofobik yang mencakup wax, sterol, vitamin larut lemak, trigliserida, fosfolipid, dan senyawa lainnya. Lemak mengandung energi potensial yang tinggi, tapi juga penting sebagai komponen struktural dari membran sel, dalam jalur sinyal, dan sebagai prekursor pada beberapa sitokin. Asam lemak dan derivatnya dan juga molekul yang mengandung sterol seperti kolesterol juga dianggap sebagai lemak. Walaupun ada jalur biosintesis untuk mensintesis dan mendegradasi lemak, beberapa asam lemak penting bagi tubuh dan harus dikonsumsi dari makanan. Asam lemak adalah asam karboksilat yang terdiri dari rantai hidrokarbon panjang yang berakhir pada grup karboksil (Gambar. 33-5).

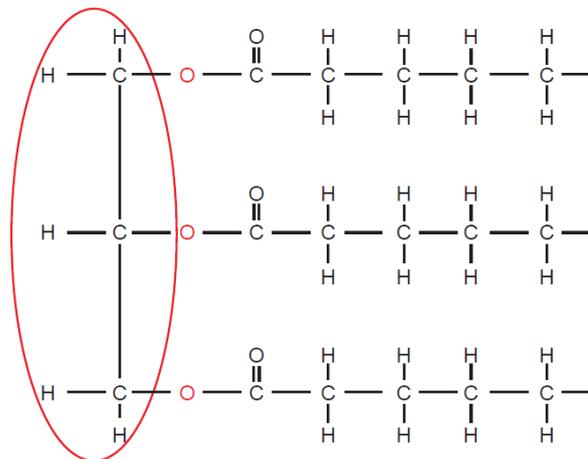
Manusia dapat mendesaturasi atom karbon tidak lebih dari karbon ke-9 dari ekor rantai alifatik. Namun, manusia memerlukan asam lemak (sehingga penting bagi tubuh) yang terdesaturasi sampai karbon ke-6 dan ke-3 dari rantai alifatik – asam lemak ω_6 dan ω_3 , secara berurutan. Dua puluh rantai karbon asam lemak disimpan pada posisi kedua dari fosfolipid, dan ketika dilepaskan, berperan sebagai substrat untuk beberapa sitokin yang sangat penting, eikosanoid- prostaglandin, tromboksan, dan leukotrien. Asam arakhidonat (lihat Gambar. 33- 5), sebuah asam lemak ω_6 dengan 20 rantai karbon ($C_{20:4\omega_6}$) adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri kedua dan leukotrien dari seri keempat, sedangkan asam eikosapentanoat, $C_{20:5\omega_3}$, adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri ketiga dan leukotrien dari seri kelima.



Gambar 5. Rantai panjang asam lemak, asam arakidonat.

Sebuah gliserol yang mengikat pada tiga molekul asam lemak yang terikat dikenal sebagai trigliserida (Gambar. 33-6). Sebuah molekul trigliserida dimana satu asam lemak diganti oleh ion fosfat dikenal sebagai fosfolipid (Gambar. 33-7). Fosfolipid adalah balok bangunan dari membran sel (Gambar. 33-8), membentuk myelin, dan karena struktur dan fungsinya yang unik, digunakan dalam aplikasi ilmiah lainnya.

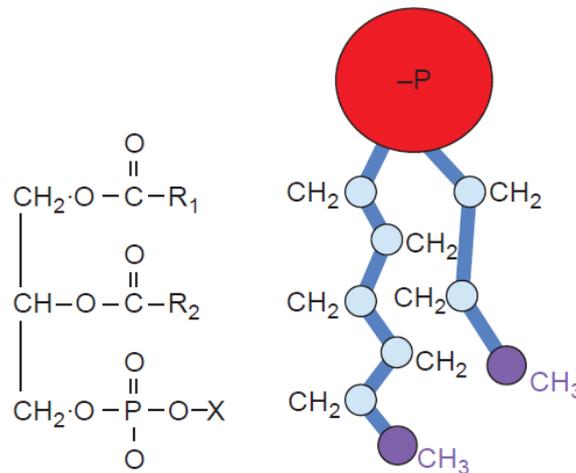
Trigliserida, setelah diabsorpsi dari traktus gastrointestinal, ditranspor dalam limfe dan lalu melalui duktus thorakikus, masuk ke dalam sirkulasi dalam bentuk droplet yang disebut kilomikron. Kilomikron dengan cepat dikeluarkan dari sirkulasi dan disimpan saat melewati kapiler jaringan adiposa dan otot skeletal. Trigliserida digunakan dalam tubuh terutama untuk menyediakan energi untuk proses metabolisme yang sama dengan karbohidrat.



Gambar 6. Trigliserida tersusun dari molekul gliserol (dilingkari merah) dan tigarantai asam lemak.

Kolesterol tidak mengandung asam lemak, tapi kolesterol adalah lemak karena terdiri dari karbon dan hidrogen, bukan sebagai rantai karbon alifatik tapi dengan empat cincin yang terbuat dari karbon (Gambar. 33-9). Tujuh puluh lima

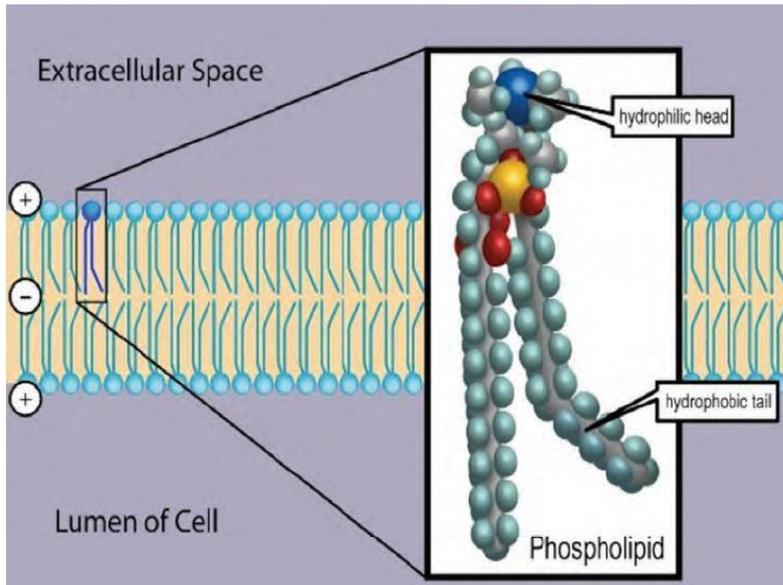
persen kolesterol diproduksi di hati dalam proses sintesis yang melibatkan 37 langkah, sementara 25% kolesterol lainnya dikonsumsi dari makanan.



Gambar 7. Substitusi salah satu asam lemak dengan ion fosfat menghasilkan fosfolipid. Struktur kimia di sebelah kiri; gambar kartun di sebelah kanan menunjukkan kelompok fosfat hidrofilik (berwarna merah), dengan rantai hidrokarbon hidrofobik (berwarna biru).

Molekul yang merupakan separuh lemak dan separuh protein, lipoprotein, juga disintesis terutama di hati (Tabel 33-2). Diduga fungsi lipoprotein adalah memberikan mekanisme transpor lemak di seluruh tubuh. Lipoprotein diklasifikasikan menurut densitasnya, yang berbanding terbalik dengan kandungan lemaknya. Semua kolesterol dalam plasma ditemukan dalam kompleks lipoprotein, dengan lipoprotein densitas rendah (LDL) mencakup mayoritas komponen kolesterol di plasma. LDL ini menyediakan kolesterol bagi jaringan, yang merupakan komponen esensial untuk membran sel dan digunakan untuk sintesis kortikosteroid dan hormon seksual.

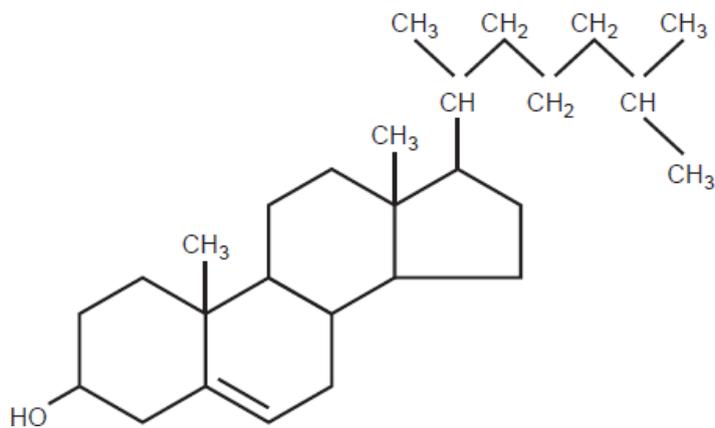
Di hati, LDL diambil oleh endositosis yang dimediasi reseptor. Sistem kontrol umpan balik intrinsik meningkatkan produksi kolesterol endogen ketika asupan eksogen berkurang, menjelaskan efek penurunan yang relatif ringan dari konsentrasi kolesterol yang terjadi pada diet rendah kolesterol. Jika peningkatan endogen dari sintesis kolesterol ini diblok oleh obat yang menghambat hidroksi- metilglutaril koenzim A (HMG-CoA) reduktase, maka akan terjadi penurunan konsentrasi kolesterol plasma.



Gambar 8. Membran sel adalah lapisan bilipid, terdiri dari dua lapisan fosfolipid. Ujung fosfat adalah hidrofilik, sedangkan dua asam lemak adalah hidrofobik, yang mengarah ke bagian dalam membran.

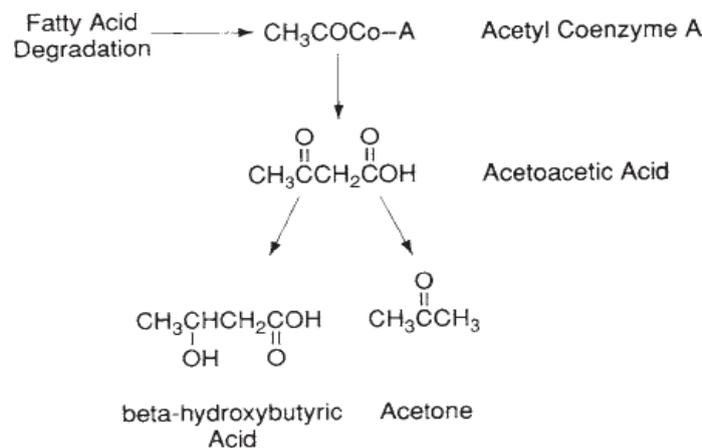
Obat yang secara selektif menghambat HMG-CoA dikenal sebagai statin. Statin secara efektif menurunkan kolesterol LDL plasma dan memberikan perlindungan terhadap penyakit jantung akut. Sebagai tambahan, statin menurunkan konsentrasi trigliserida plasma dan sedikit meningkatkan konsentrasi kolesterol lipoprotein densitas tinggi (HDL). Obat yang mengikat garam empedu (kolestiramin, kolestipol) mencegah kolesterol masuk kembali ke dalam sirkulasi sebagai bagian dari sirkulasi enterohepatik. Kerugian dari menggunakan obat yang mengikat garam empedu untuk menurunkan konsentrasi kolesterol plasma adalah peningkatan konsentrasi trigliserida plasma.

Langkah pertama dalam penggunaan trigliserida sebagai energi adalah hidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol dan transpor produk ini ke jaringan, dimana mereka akan dioksidasi. Hampir semua sel, kecuali sel otak, dapat menggunakan asam lemak untuk menggantikan glukosa sebagai energi.



Gambar 9. Struktur kimia dari molekul kolesterol.

Degradasi dan oksidasi dari asam lemak hanya terjadi di mitokondria, menghasilkan pelepasan progresif dari dua fragmen karbon (β -oksidasi) dalam bentuk asetil-CoA (Gambar. 33-10). Molekul asetil-CoA ini masuk ke dalamsiklus asam sitrat dengan cara yang sama dengan asetil-CoA yang dibentuk oleh piruvat pada metabolusme glukosa, yang pada akhirnya membentuk ATP. Di hati, dua molekul asetil-CoA yang terbentuk dari degradasi asam lemak dapat bergabung untuk membentuk asam asetoasetat (lihat Gambar. 33-10).



Gambar 10. Degradasi asam lemak dalam hati membentuk asetil-koA. Dua molekul asetil-KoA bergabung untuk membentuk asam asetoasetat, yang sebagian besar diubah menjadi asam β -hidroksibutirat, dan sisanya diubah menjadi aseton.

Sejumlah asam asetoasetat diubah menjadi asam β -hidroksibutirat dan sisanya menjadi aseton. Jika tidak terjadi metabolisme karbohidrat yang adekuat

(kelaparan atau diabetes mellitus tidak terkontrol), akan terjadi penumpukan asam asetoasetat, β -hidroksibutirat, dan aseton dalam jumlah besar di dalam darah yang mengakibatkan ketosis karena hampir semua energi dalam tubuh harus berasal dari metabolisme lemak.

Berbeda dengan glikogen, lemak dalam jumlah besar dapat disimpan dalam jaringan adiposa dan di hati. Fungsi utama dari jaringan adiposa adalah untuk menyimpan trigliserida sampai mereka dibutuhkan untuk energi. Epinefrin dan norepinefrin mengaktifkan trigliserida lipase dalam sel yang mengakibatkan mobilisasi dari asam lemak.

Tabel 2 Jenis-Jenis Protein

Globuler	Fibrosa	Terkonjugasi
Albumin	Kolagen	Mukoprotein
Globulin	Serat elastin	Komponen struktural sel
Fibrinogen	Keratin	
Hemoglobin	Aktin	
Enzim	Myosin	
Nukleoprotein		

3. METABOLISME PROTEIN

Sekitar 75% dari unsur padat dalam tubuh adalah protein (Tabel 33-3). Semua protein terdiri dari 20 asam amino yang sama, dan beberapa diantaranya harus dikonsumsi dalam makanan karena mereka tidak dapat dibentuk secara endogen (asam amino esensial) (Tabel 33-4). Protein diet harus dicerna menjadi asam amino dan di- dan tripeptida sebelum dapat diabsorpsi. Proses dimulai di lambung ketika pepsinogen diubah menjadi pepsin pada pH asam. Proses berlanjut di usus halus dimana pankreas mensekresi tripsin, kemotripsin dan karboksipeptida. Protease gaster dan pankreas ini menghidrolisis protein menjadi peptida rantai sedang dan kecil. Peptidase di batas usus halus menghidrolisis peptida rantai sedang dan kecil ini menjadi asam amino dan di- dan tripeptida bebas. Produk akhir pencernaan ini, terbentuk pada permukaan enterosit, siap diabsorpsi oleh transporter asam amino natrium-dependen.

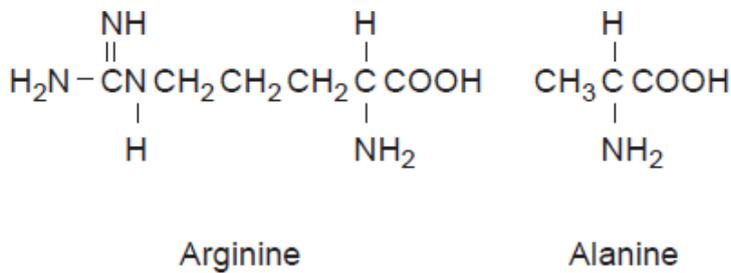
Tabel 3 Komposisi Lemak dalam Plasma

	Fosfolipid (%)	Trigliserid a (%)	Kolestrol bebas (%)	Kolestrol Ester	Protein (%)	Densitas
Kilomikron	3	90	2	3	2	0.94
LDL	21	6	7	46	20	1.019-1.063
HDL	25	5	4	16	50	1.063-1.21
IDL	20	40	5	25	10	1.006-1.019
VLDL	17	55	4	18	8	0.94-1.006

Tabel 4 Asam Amino

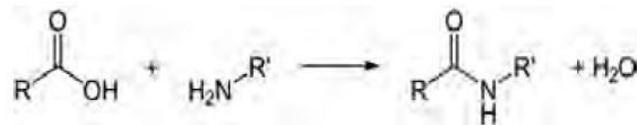
Esensial	Nonesensial
Arginin	Alanin
Histidin	Asparagin
Isoleusin	Asam aspartat
Leusin	Sistein
Lisin	Asam glutamat
Methionin	Glutamin
Fenilalanin	Glisin
Threonin	Prolin
Triptofan	Serin
Valin	Tirosin

Asam amino nonesensial dapat disintesis dari asam α -keto yang sesuai. Contoh, piruvat yang terbentuk dari pemecahan glikolisis dari glukosa adalah asam keto prekursor alanin. Setiap asam amino memiliki grup karboksil asam (COOH) dan grup amino (NH₃R) (Gambar. 33-11). Protein terbentuk dari asam amino yang terhubung satu sama lain oleh ikatan amida, sebuah ikatan kimiawi kovalen antara grup karboksil dari satu asam amino dengan grup amino dari asam amino lainnya. Hasil ikatan C(O)NH disebut ikatan peptida, dan hasil molekulnya adalah amida.



Gambar 11. Contoh asam amino yang mengandung gugus asam (COOH) atau gugus amino (NH₂).

Grup keempat atom fungsional $-\text{C}(=\text{O})\text{NH}-$ disebut rantai peptida (Gambar. 33-12). Bahkan protein yang paling kecil mengandung lebih dari 20 asam amino yang terhubung ke rantai peptida, sedangkan kompleks protein memiliki hingga 100,000 asam amino. Sebagai tambahan, lebih dari satu rantai asam amino dalam protein dapat terikat ke rantai asam amino lainnya melalui ikatan hidrogen, ikatan hidrofobik, atau gaya elektrostatis.



Gambar 12. Pembentukan amida dari asam karboksilat dan amina primer.

Asam amino adalah asam yang cukup kuat dan ada dalam darah terutama dalam bentuk terionisasi. Setelah makan, konsentrasi asam amino dalam darah meningkat hanya beberapa miligram, menunjukkan pengambilan jaringan yang sangat cepat, terutama oleh hati. Masuknya asam amino ke dalam sel memerlukan mekanisme transpor aktif karena zat ini terlalu besar untuk lewat secara difusi atau melalui kanal di membran sel. Pada tubulus ginjal proksimal, asam amino yang masuk ke filtrat glomerular ditranspor aktif kembali ke dalam darah. Mekanisme transpor ini memiliki nilai maksimal di atas dimana asam amino muncul di urin. Namun, pada orang normal, kehilangan asam amino melalui urin

setiap hari tidak ada artinya. Kegagalan mentranspor asam amino ke dalam darah mengindikasikan penyakit ginjal.

3.1 Penyimpanan Asam Amino

Segera setelah masuk ke dalam sel, asam amino dikonjugasi dibawah pengaruh enzim intraseluler menjadi protein intraseluler. Hasilnya, konsentrasi asam amino di dalam sel tetap rendah. Konsentrasi asam amino di dalam sel rendah karena sel menggunakannya sebagai substrat untuk membentuk protein di dalam hati, ginjal, dan mukosa gastrointestinal. Namun, protein ini dapat dengan cepat diuraikan kembali menjadi asam amino di bawah pengaruh enzim digestif liposomal intraseluler.

Asam amino yang dihasilkan lalu ditranspor keluar dari sel ke dalam darah untuk mempertahankan konsentrasi asam amino plasma yang optimal. Jaringan dapat mensintesis protein baru dari asam amino dalam darah. Respon ini terutama terlihat pada sintesis protein pada sel kanker. Sel kanker adalah pengguna asam amino yang paling produktif, dan, secara bersamaan, jaringan lain menjadi kekurangan protein, mengakibatkan kakheksia.

3.2 Protein Plasma

Protein plasma terdiri dari (a) albumin, yang memberikan tekanan osmotik kolloid; (b) globulin, yang penting untuk imunitas bawaan dan didapat; dan (c) fibrinogen, yang berpolimerisasi menjadi anyaman fibrin panjang pada koagulasi darah. Intinya, semua albumin dan fibrinogen plasma dan 60% sampai 80% globulin dibentuk di hati. Globulin tambahan dibentuk di jaringan limfoid dan sel lain pada sistem retikuloendotelial. Laju pembentukan protein plasma oleh hati dapat sangat meningkat pada beberapa kondisi, seperti luka bakar berat, dimana terjadi kehilangan cairan dan protein dalam jumlah besar. Laju sintesis protein di hepar bergantung pada konsentrasi asam amino dalam darah. Bahkan pada saat lapar atau penyakit yang parah, rasio total protein jaringan terhadap total protein plasma dalam tubuh tetap relatif konstan yaitu 33:1. Karena keseimbangan reversibel antara protein plasma dan protein lainnya dalam tubuh, salah satu terapi yang paling efektif untuk defisiensi protein akut

adalah pemberian protein plasma intravena. Dalam beberapa jam, asam aminodari protein yang diberikan akan terdistribusi ke seluruh sel dalam tubuh untuk membentuk protein dimana mereka dibutuhkan.

3.2.1 Albumin

Albumin adalah protein plasma yang paling banyak dan terutambertanggung jawab untuk mempertahankan tekanan osmotik plasma. Sebagai tambahan, albumin juga penting sebagai transporter zat yang terikat plasma, termasuk obat eksogen. Sintesis harian albumin sekitar 10 g dan waktu paruh dari protein ini dapat mencapai 22 hari. Sehingga, konsentrasi albumin serum dapat tidak terlihat berkurang pada stadium awal dari gagal hepar akut.

Namun, dalam beberapa jam dari onset penyakit kritis atau cedera, kadar albumin berkurang hingga 33% karena perubahan distribusi antara kompartemen intravaskuler dan ekstrasvaskuler serta laju sintesis dan degradasi protein. Meskipun fakta menunjukkan bahwa albumin serum yang rendah merupakan faktor prognostik yang buruk pada penyakit kritis, suplementasi tidak tampak memperbaiki prognosis.

3.2.2 Faktor Koagulasi

Hepatosit mensintesis semua faktor koagulasi kecuali faktor von Willebrand dan faktor VIIIc. Koagulasi dapat terganggu dengan cepat oleh gagal hati akut, mencerminkan pendeknya waktu paruh plasma dari banyak komponen yang penting (faktor VII 100 sampai 300 menit). Vitamin K (pengambilan bergantung pada garam empedu) diperlukan untuk modifikasi beberapa faktor pembekuan (prothrombin, antithrombin, protein S dan protein C) dan dapat berkurang pada keadaan malabsorptif dan malnutrisi.

3.3 Penggunaan Protein untuk Energi

Setelah sel mengandung asam amino dalam jumlah maksimal, asam aminoyang lain akan mengalami deaminasi (deaminasi oksidatif) menjadi asam keto yang dapat masuk ke dalam siklus asam sitrat untuk menjadi ATP atau asam keto akan dilepaskan ke aliran darah, diambil oleh adiposit, dan diubah lalu disimpan

sebagai lemak. Ammonia yang dihasilkan dari deaminasi diubah menjadi urea di hati untuk diekskresikan oleh ginjal. Gagal hati akut bermanifestasi dengan adanya akumulasi amonia dalam konsentrasi yang berbahaya.

Beberapa Asam amino yang dideaminasi mirip dengan produk pemecahan yang dihasilkan oleh metabolisme glukosa dan asam lemak. Sebagai contoh, alanin yang terdeaminasi adalah asam piruvat, yang dapat diubah menjadi glukosa atau glikogen, atau dapat menjadi asetil-CoA, yang dipolimerisasi menjadi asam lemak. Konversi asam amino menjadi glukosa atau glikogen disebut *glukoneogenesis*, dan konversi asam amino menjadi asam lemak disebut *ketogenesis*.

Pada keadaan kurangnya asupan protein, sekitar 20 g sampai 30 g protein endogen didegradasi menjadi asam amino setiap harinya. Pada keadaan lapar berat, fungsi seluler menurun karena kurangnya protein. Karbohidrat dan lemak akan lebih dulu digunakan dibanding protein sampai derajat tertentu, karena mereka lebih diutamakan untuk digunakan sebagai energi dibanding protein.

Hormon pertumbuhan dan insulin meningkatkan laju sintesis protein seluler, diduga karena memfasilitasi transfer asam amino ke dalam sel. Glukokortikoid meningkatkan laju pemecahan protein ekstrahepatik, sehingga menghasilkan peningkatan asam amino yang tersedia bagi hati. Ini memungkinkan hati untuk mensintesis protein seluler dan protein plasma dalam jumlah besar. Testosteron meningkatkan deposisi protein di jaringan, terutama protein kontraktil dari otot skeletal.

Referensi:

1. Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Harpers's Illustrated Biochemistry. 31st Ed. McGraw-Hill Education. 2018.
2. Nelson DL, Lehninger AL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry 8th Ed. W.H Freeman. 2021
3. Flood P, Rathmell JP, Shafer S. 2015. STOELTING'S Pharmacology and Physiology in Anesthetic Practice Fifth Edition. United States of America: Library of Congress Cataloging.

**SUPLEMEN MATERI HISTOLOGI
BLOK SIKLUS HIDUP MANUSIA I
MANUSIA SEUTUHNYA
(MUSKULOSKELETAL & INTEGUMEN)**



**DEPARTEMEN BIOMEDIK
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN KESEHATAN
PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
2023**

TIM PENYUSUN
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA

Dr. Elyusrar E. Jalal, Ph.D.

Departemen Biomedik
Fakultas Kedokteran dan Kesehatan
Universitas Muhammadiyah Jakarta

Dede Renovaldi, Ns., M.Sc.

Departemen Biomedik
Fakultas Kedokteran dan Kesehatan
Universitas Muhammadiyah Jakarta

SUPLEMEN MATERI HISTOLOGI BLOK SIKLUS HIDUP MANUSIA I MUSKULOSKELETAL

DASAR TEORI

TEXTUS MUSCULARIS

Textus muscularis (jaringan otot) adalah jaringan yang terdiri dari sel-sel yang telah berdiferensiasi untuk penggunaan optimal sifat universal sel yang disebut kontraksi sel. Jaringan ini tersusun oleh sel-sel otot dan substansia interselularis. Sel otot memiliki struktur yang khas, yaitu adanya protein - protein kontraktil untuk mendukung fungsinya. Berdasarkan ciri morfologis dan fungsionalnya, jaringan otot dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

- Jaringan otot polos atau textus muscularis non striatus
- Jaringan otot serat lintang disebut juga textus muscularis striatus atau otot rangka.
- Jaringan otot jantung atau textus muscularis cardiacus

1. Jaringan otot polos (Textus muscularis non striatus)

Merupakan sel Panjang yang runcing tanpa garis melintang dan setiap sel terbungkus lamina basalis dan serat retikuler halus. Sesuai dengan namanya, jaringan otot ini menunjukkan gambaran sitoplasma yang homogen (pada pewarnaan rutin), tidak tampak adanya pita-pita (stria). Sel otot polos berbentuk mirip kumparan (fusiformis) dengan nukleus di pusat sel. Untuk mendukung fungsinya yang mendukung gerakan, sel otot polos dilengkapi dengan protein-protein kontraktil. Pada teknik pewarnaan IHAB (iron Hematoxyline Anilin Blue), sel otot tampak mengandung serabut-serabut halus (myofibril).

Sedangkan jika diamati dengan mikroskop electron, lebih detail terlihat bahwa myofibril mengandung miofilamen. Ada 2 macam myofilamentum, yaitu :

- a. Myofilamentum crassum : filamen tebal yang terdiri dari protein miosin, dan
- b. Myofilamentum tenue: filamen tipis yang terdiri dari protein aktin, tropomiosin dan troponin.

Bagian-bagian lain di dalam selnya antara lain adalah mitokondria, complex golgi, sentriol dan reticulum endoplasmik agranuler.

Contoh dan lokasi :

- Otot polos berukuran terkecil terdapat pada pembuluh darah dan berukuran terbesar terdapat pada uterus wanita hamil
- Lokasi otot polos pada semua alat yang mampu melakukan kontraksi di luar kehendak kita, misalnya dinding pembuluh darah, saluran pencernaan, saluran urinaria, saluran pernafasan, kulit, uterus (pada wanita).
- Sifat kontraksi : Mampu melakukan kontraksi yang lebih lambat dan lama dibanding dengan otot rangka.

2. Jaringan otot skelet (otot rangka atau textus muscularis striatus)

Sesuai dengan namanya, jaringan otot ini pada penampang membujur menunjukkan adanya garis-garis (stria/pita gelap dan pita terang). Otot rangka berfungsi untuk

menggerakkan kerangka dan organ seperti bola mata dan lidah. Otot rangka sering disebut otot volunter karena dapat dikendalikan oleh kehendak sadar.

Struktur sel otot rangka atau myocytus skeletalis memiliki nukleus terletak di bagian tepi sel, satu sel mengandung banyak inti. Sitoplasma sel ini memiliki myofibril pada mikroskop elektron tampak miofilamen. Pada potongan membujur tampak bahwa sel-sel berdampingan menunjukkan batas sel yang tidak jelas lagi seperti syncytium sehingga nucleus tampak banyak (multinuklear). Sifat berinti banyak sebagai akibat fusi beberapa mioblas mononuklear embrionik.

Pada potongan melintang otot skelet menunjukkan titik-titik sebagai potongan miofibril yang disebut area densa. Pada potongan membujur otot terdapat discus anisotropicus atau stria A dan dipusat garis itu ada daerah yang terang zona lucida (garis H) dan di pusat garis H ada garis M (lucida Mesopraghma). Pada potongan membujur juga terdapat discus isotropicus (stria I) yang bersifat terang. Di tengah daerah ini terdapat linea Z (telophragma). Daerah di antara suatu linea Z dengan linea Z berikutnya, dinamakan sarcomere.

3. Jaringan otot jantung (Textus muscularis cardiacus)

Sel otot jantung (myocytus cardiacus) memiliki ujung-ujung yang saling bergandengan membentuk myofibra. Sel otot jantung tidak membentuk syncytium seperti otot skelet. Namun miofibra otot jantung hanya merupakan rantai membujur sel-sel otot. Pada otot jantung, sel-sel saling berhubungan dengan sel di sampingnya dengan melalui anastomosis.

Sel-sel berbentuk silinder saling dihubungkan oleh hubungan khusus, yang pada sel epitel setara dengan macula adherens dan macula communicans; di sini hubungan ini dinamakan discus intercalatus. Sitoplasma sel otot jantung mirip dengan sel otot skelet, tetapi memiliki mitokondria dan reticulum endoplasmic lebih banyak. Nukleus sel terletak pusat sel. Pada potongan membujur otot ini juga terdapat garis-garis melintang seperti pada otot skelet. Jantung memiliki serabut myofibril yang bersifat konduksi disebut sebagai serabut Purkinje. Miofibra ini sebenarnya adalah serabut otot jantung yang mengalami modifikasi. Banyak terdapat di lapisan sub-endokardium. Ciri-ciri sel (myocytus conducens cardiacus):

- Sitoplasma lebih jernih dibandingkan dengan sel otot jantung dan juga mengandung lebih banyak mengandung granullum glikogeni.
- Nucleus di pusat
- Myofibril di tepi, lebar

Fungsi : sebagai pengantar rangsang dalam dinding jantung. Kontraksi : otot jantung berkontraksi tanpa kita kendalikan

MYOHISTOGENESIS

Jaringan otot berasal dari mesoderma. Myoblastocytus mengalami diferensiasi, memanjang secara berangsur-angsur. Myoblastocytus menghasilkan protein khusus yang menjadi myofibrillum atau myofilamentum. Sel ini juga memperbanyak diri secara mitosis. Pada otot kerangka, myoblastocytus terakit sebagai syncytium.

REGENERASI SEL OTOT

Daya regenerasi sel tergantung pada jenis otot :

- Otot polos : dapat regenerasi melalui mitosis sel otot yang masih baik.
- Otot kerangka : inti dalam syncytium tidak dapat melakukan mitosis. Yang menjadi sumber regenerasi ekstensif ialah sel jaringan ikat: fibroblastocytus, yang mengitari sel-sel otot.
- Otot jantung : praktis tidak mampu regenerasi setelah masa kanak-kanak awal. Cacat pada jantung hanya diganti oleh jaringan parut, berasal dari jaringan ikat, bukan oleh jaringan otot jantung, sehingga fungsi jantung dapat terganggu (misal pada infark otot jantung). Otot jantung banyak memiliki ciri morfologis dan fungsional di antara otot rangka dan otot polos dan mengadakan kontraksi ritmis yang terus menerus dari jantung.
- Meskipun tampak lurik otot jantung mudah dibedakan dengan otot rangka dan tidak boleh disebut otot seran-lintang jantung.

SELUBUNG OTOT

Hal ini dapat dipelajari jelas pada otot kerangka. Serabut penyusun berbagai jenis otot tidak dikelompokkan secara acak, tetapi terakit menjadi berkas - berkas yang rapi. Apa yang disebut musculus pada makroanatomi merupakan gabungan berkas otot yang dari luar dibungkus oleh jaringan ikat kolagen padat. Kesatuan ini nanti dibagi-bagi lagi menjadi kesatuan berkas dengan jenis selubung sendiri - sendiri. Arena itu dikenal bungkus - bungkus:

1. Epimysium : bungkus terluar musculus. Pada makro-anatomi bungkus ini menjadi fascia profunda.
2. Perimysium : ini merupakan percabangan epimysium, berupa sekat-sekat yang membungkus kesatuan otot lebih kecil, disebut fasciculus muscularis.
3. Endomysium : bungkus ini dipercabangkan oleh perimysium, menyelubungi berkas otot lebih kecil, lazim dinamakan serabut otot atau myofibra. Myofibra pada otot kerangka tersusun oleh syncytium sel otot; pada jantung bukan.

Semua bungkus ini merupakan jaringan ikat kolagen padat dengan komponen - komponen yang dimiliki oleh jaringan ikat kolagen umum.

TEXTUS OSSEUS (JARINGAN TULANG)

Jaringan tulang adalah komponen sistem kerangka tubuh, yang memiliki fungsi mekanis dan metabolik. Jaringan ini terdiri atas materi antar sel berkapur, yaitu matriks tulang dan tiga jenis sel.

1. Komponen sel : osteocytus, osteoblastocytus, dan osteoclastocytus
2. Komponen substantia intercellularis (matrix ossea) : serabut - serabut (kolagen tipe1) dan substantia fundamentalis.

Jaringan tulang memiliki komponen ekstraselluler yang mengalami kalsifikasi dan osifikasi, sehingga tulang sangat keras dan cocok untuk jaringan penyokong dan perlindungan di dalam kerangka.

1. Komponen Sel

Sesuai dengan tahap perkembangan dan peranan masing-masing, dikenal :

- a. Osteoblas : sel pembentuk tulang, yang mensintesis unsur organik matriks tulang, terdiri dari kolagen tipe I, proteoglikan, dan glikoprotein termasuk osteonektin. Sel tampak berderet-deret serupa epitel, pada sisi pertumbuhan jaringan tulang berbentuk kuboid. Bila osteoblast aktif mensintesis matriks, osteoblast memiliki bentuk kuboid sampai silindris, namun bila aktivitas sintesisnya menurun, sel menjadi gepeng dan sifat basofiliknya akan berkurang. Sitoplasma basofil karena kaya akan asam ribonukleat. Sel ini, bersama fosfatase asam, membentuk protein matrix jaringan tulang. Intinya besar dengan 1 nukleolus besar; mitochondrion seperti benang. Tampak juga complexus golgiensis, cytocentrum, dan tetes sekret.
- b. Osteosit atau sel tulang : terdapat di rongga - rongga (lakuna) diantara lapisan (lamela) matriks tulang (lakuna ossea). Merupakan bentuk osteoblastocytus yang matang. Sitoplasma bersifat basofil ringan dengan sedikit mitochondrion, complexus golgiensis; cytocentrum diragukan sebab jika sel sudah terkurung dalam lakuna, sel tidak melakukan mitosis lagi. Tampak juga tetes lemak dan glikogen. Intinya besar, dengan 1-2 nukleolus. Chromatin tampak kasar. Processus cellularis banyak, saling berhubungan dengan processus sel tulang lain yang berdekatan. Pada transisi dari osteoblast menjadi osteosit, sel menjulurkan banyak tonjolan-tonjolan sitoplasma panjang, yang diselubungi oleh matriks berkapur.
- c. Osteoclas : merupakan sel raksasa multinukleus yang terlibat dalam resorpsi dan remodeling jaringan tulang. Sel ini adalah sel motil bercabang yang sangat besar dengan inti multiple. Karena sel berukuran besar juga disebut sel raksasa berinti banyak. Sel terjadi karena penggabungan beberapa sel dari sumsum tulang. Sitoplasma pucat, sering tampak berbuih. Nukleus multipel, masing-masing mempunyai nukleolus dan kromatin kasar. Di area terjadinya resorpsi tulang, osteoklas terdapat di dalam lekukan atau kripta yang terbentuk akibat kerja enzim pada matriks, yang dikenal sebagai resorption bays (dulu disebut lacuna Howship).

2. Matrix Ossea

Matrix yang padat ini mempunyai bahan pokok :

- Senyawa anorganik (kurang lebih 50% berat kering), terutama garam calcium dan phosphor, berbentuk bangunan sub-mikroskopik hidroksi apatit (paling banyak dijumpai): $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Unsur lain ialah serupa dengan yang lazim dijumpai dalam cairan tubuh seperti Na, Mg, bikarbonat, sitrat.
- Material organik yang terbenam dalam matriks tulang berupa kolagen tipe I yaitu osteocollagenus atau osseinum, mengandung glikosaminoglikan yang berhubungan dengan protein, di antaranya osteo-mukoid glikosaminoglikan, berupa khondroitin sulfat dan keratin sulfat dan substansi dasar. Gabungan serat kolaegen dan mineral akan memberikan sifat keras dan ketahanan pada jaringan tulang.

JENIS JARINGAN TULANG

1. Jaringan tulang primer

Jaringan yang tampak pada perkembangan embrio dan pada pembentukan perbaikan fraktur. Bersifat sementara dan akan diganti dengan jaringan tulang sekunder, kecuali pada beberapa bagian tubuh; dekat sutura calvaria, alveolus dentalis, dan pada beberapa tendo. Ditandai dengan disposisi acak serat kolagen halus, disebut juga tulang anyaman (woven bone) . Berkas kolagen ireguler dengan kadar mineral yang lebih rendah dan proporsi osteosit lebih tinggi dibandingkan tulang sekunder.

2. Jaringan tulang sekunder

Biasanya dijumpai pada tulang orang dewasa. Disebut juga sebagai tulang lamellar karena memperlihatkan lapisan matriks berkapur.

ARSITEKTUR JARINGAN TULANG

Jaringan tulang mempunyai arsitektur khas. Dikenal 2 jenis :

1. Textus osseus reticulofibrosus: jaringan tulang dengan arsitektur serupa jala.
2. Textus osseus lamellaris: jaringan tulang yang menunjukkan gambaran lembaran-lembaran: lamella ossea. Lamella yang dibentuk oleh matrix ada beberapa macam:
 - a. Lamella circumferentialis externa : konsentris sejajar dengan permukaan luar tulang, berbatasan dengan periosteum.
 - b. Lamella circumferentialis interna: konsentris sejajar dengan permukaan dalam tulang, berbatasan dengan endosteum.
 - c. Lamella osteoni mengitari secara konsentris canalis centralis (Havers). Masingmasing memiliki deretan lacuna ossea yang pada keadaan segar ditempati oleh osteocytus. Tiap lakuna mempunyai lanjutan-lanjutan, ditempati oleh processus cellularis osteocyti, dinamakan canaliculi ossea. Tiap canaliculus osseus berhubungan dengan canaliculus lacuna berdekatan. Matrix juga ditembus oleh canalis perforans (Volkmann) yang arahnya tegak lurus dengan permukaan tulang. Kedua jenis saluran tersebut pada tulang segar terutama berisi pembuluh darah yang membawa sari makanan, dan saling berhubungan. Dengan demikian terjadi suatu sistem, dinamakan osteonum, terdiri atas:

- Lamella ossea
 - Canalis centralis
 - Sistem osteocytus yang konsentris
3. Lamella interstitialis: lamella ini menghubungkan osteonum satu dengan lain. Matrix juga dilintasi oleh berkas kolagen yang datang dari periosteum, dinamakan fibrae perforans (Sharpey)

PERIOSTEUM DAN ENDOSTEUM

Permukaan luar dan dalam tulang ditutupi oleh lapisan sel-sel pembentuk tulang dan jaringan ikat yang disebut periosteum dan endosteum. Jika periosteum membungkus tulang dari luar, maka endosteum membatasi tulang dari cavitas medullaris. Fungsi utama periosteum dan endosteum adalah memberi nutrisi pada jaringan tulang dan menyediakan osteoblast baru secara kontinu untuk perbaikan atau pertumbuhan tulang.

1. Periosteum

Terdiri dari lapisan luar berkas kolagen dan fibroblast. Berkas serat kolagen periosteum disebut serat perforata (Serat Sharpey). Lapisan dalam periosteum mengandung sel punca mesenkimal yang disebut sel osteoprogenitor yang berpotensi membelah melalui mitosis dan berkembang menjadi osteoblast.

2. Endosteum

Melapisi rongga dalam tulang dan lebih tipis dibandingkan dengan periosteum. Merupakan selapis sel jaringan ikat yang sangat tipis yang berisi osteoblast dan osteoprogenitor gepeng.

TEXTUS CARTILAGINEUS (JARINGAN TULANG RAWAN)

Jaringan kartilago (tulang rawan) terdiri atas:

- Komponen sel : chondrocytus
- Komponen matriks ekstrasel : serabut kolagen dan substansia dasar.

1. Chondrocytus :

Sel ini merupakan komponen dewasa jaringan kartilago.

- Populasi sel mulai menempati bagian di bawah perichondrium. Di sini sel-sel pipih, berdiri sendirisendiri. Makin ke arah pusat, sel makin berbentuk bulat. Bentuk ini sesuai dengan bentuk lacuna cartilaginea, yaitu rongga yang terbentuk oleh matrix padat, yang ditempati oleh sel kartilago. Dalam lacuna ini sel-sel masih dapat berreproduksi, sehingga dalam lacuna dapat dijumpai sel isogen (seketurunan). Kelompok sel ini disebut aggregatio chondrocytica, terdiri atas 2-4 buah sel.
- Cytoplasma
 - Di tepi sel ada vacuola; jika ini besar, sel seakan-akan berbuih
 - Mitochondrion panjang-panjang
 - Complexus golgiensis

- Cytozentrum dengan centriolum dekat nucleus
- Reticulum endoplasmicum dengan ribosom banyak
- Gutta adipis dan granulum glycogeni
- Nucleus : bundar atau bujur telur, dengan nucleolus bundar, 1-2 biji. Chondro-cytus yang muda dan masih berkembang dinamakan chondroblastocytus.

2. Matrix Cartilaginea, Komponen ini dibuat oleh chondroblastocytus. Termasuk komponen ini adalah :

A. Substantia fundamentalis

- Substansi dasar, homogen dengan serabut kolagen (fibra matricis).
- Bahan organik pokok : glikosaminoglikan (chondromucoprotein), terutama terdiri atas khondroitin sulfat dan asam hialuronat, sehingga menimbulkan reaksi metachromasia dengan toluidin biru, metylenazur.

B. Matrix territorialis cellularum

- Mengitari lacuna cartilaginea, padat, lebih banyak mengandung glikosamin dan sedikit kolagen.
- Lebih basophil dan metakromatik

C. Matrix interterritorialis

- Kurang basofil Matrix bersifat gel, tanpa pembuluh darah. Makanan dari luar masuk ke dalam matrix secara difusi, dipermudah oleh asam hialuronat. Matrix baru mengapur jika sel mengalami hipertrofi. Sel yang hipertrofi mengeluarkan fosfatase alkalis yang menyebabkan terjadi endapan $Ca_3(PO_4)_2$ dalam lingkungan alkalis.

JENIS KARTILAGO

1. Cartilago hyaline

- Dalam keadaan segar tampak seperti kaca (hyalina), setengah transparan.
- Matrix homogen dengan serabut kolagen tipe ii, yang sukar diamati, sebab memiliki indeks bias sama dengan indeks bias matrix. Sedikit lentur. Substansi Dasar:
 - a. Glikosaminoglikan, terutama : chondroitin sulfat dan hialuronat serta sedikit keratan sulfat dan heparan sulfat.
 - b. Proteoglikan, inti protein dengan glikosaminoglikan pada rantai samping.
 - c. Glikoprotein, mengikat beberapa macam komponen matrix satu dengan yang lain; sel dan matrix.
 - d. Cairan jaringan, ultra filtrat plasma darah.

2. Cartilago fibrosa atau cartilago collagenosa

- Tidak mempunyai perichondrium
- Sel berderet-deret antara serabut, sendirian atau berkelompok.

- Matrix lebih banyak mengandung serabut kolagen tipe I yang membentuk gambaran seperti bulu ayam, serabut kolagen tipe II hanya sedikit.
- Terletak dalam jaringan ikat kolagen padat.
- Contoh : discus intervertebralis, symphysis pubica, beberapa tempat perlekatan tendo dan ligamenta capitis femoris. Jenis kartilago ini merupakan bentuk peralihan kartilago dan jaringan ikat kolagen padat.

3. Cartilago elastic

- Dalam keadaan segar berwarna kekuning-kuningan, kurang transparan, lebih fleksibel daripada cartilago hyaline
- Matrix mengandung:
 - a. Serabut elastik bercabang-cabang, beranyaman rapat, berhubungan langsung dengan perichondrium.
 - b. Serabut kolagen tipe II, contoh : kartilago aurikula (daun telinga), tuba auditorius, epiglottis, cartilago meatus acustici, cartilago cuneiformis.

CHONDROHISTOGENESIS

Tulang rawan berasal dari mesenkim embrionik pada proses kondrogenesis. Di tempat kartilago akan terbentuk, sudah ada jaringan ikat mesenkim. Sel-sel fusiform berubah, membulat, berubah menjadi chondroblastocytus, yang mampu membuat. Matrix bersifat asam. Matrix makin menjadi basofil, makin mengurung sel kartilago, sehingga sel terletak dalam lacuna cartilaginea. Selsel dalam lacuna melakukan mitosis, sehingga sel-sel isogen di situ membentuk aggregatio chondrocytica. Fibroblastocytus sendiri menghasilkan serabut kolagen. Chondroblastocytus makin menjadi masak, dinamakan chondrocytus. Jaringan mesenchym di sebelah luar kartilago membentuk selubung kartilago, dinamakan perichondrium.

Pertumbuhan dan perkembangan

- a. Normal : Pada keadaan normal pertumbuhan kartilago berlangsung secara : - appositio : berlapis-lapis kearah permukaan
 - Interstitialis : dari arah dalam. Di bagian dalam matrix (interstitium) chondrocytus muda masih mampu membelah, membentuk chondrocytus dan matrix baru. Kartilago akan bertambah banyak, tebal dari dalam, keluar.
- b. Calcificatio atau pengayuran : dapat terjadi kalau chondrocytus mengalami hipertrofi dan mengeluarkan fosfatase alkalis sehingga dalam matrix asam akan terjadi endapan berupa $Ca_3(P_04)_2$.
- c. Regeneratio : kalau kartilago mengalami luka, sel kartilago sendiri tidak mampu melakukan regenerasi Tempat luka akan diserbu oleh fibroblastocytus berasal dari jaringan ikat sekitarnya, umumnya dari perichondrium. Sel-sel ini akan membentuk Jaringan kartilago baru sebagai pengganti.

d. **Transformatio asbestos** : Serabut kolagen dalam matrix cartilaginea pada usia lanjut dapat mengalami degenerasi karena kekurangan nutrisi, berubah menjadi serabut keputih-putihan kelabu mirip serabut asbes, disebut *fibrae asbestosae* yang

- Tidak mekar dalam asam cuka
- Larut dalam air mendidih atau alkali berkonsentrasi rendah.

Degenerasi ini menyebabkan kartilago memutih, mengkilat serupa asbes. Dalam matrix dapat terjadi celah-celah yang kelak mungkin diisi oleh jaringan kartilago baru. Kartilago sendiri dapat melunak. Transformasi asbes dapat dialami oleh cartilago hyalina dan cartilago elastica pada usia lanjut.

PERICHONDRIMUM

Bungkus ini dimiliki oleh semua kartilago, kecuali cartilago articularis pada sendi dan cartilago fibrosa. Bungkus yang penting untuk pemeliharaan dan pertumbuhan cartilago ini terdiri atas 2 lapis

- a. **Stratum fibrosum** : lapisan luar, mengandung banyak serabut kolagen.
- b. **Stratum chondrogenicum** lapisan dalam, terutama dihuni oleh sel mesenchym:
 - Sel sudah berupa fibroblastocytus : dapat berubah menjadi chondroblastocytus. Tetap berupa sel mesenchym yang dapat berubah menjadi chondroblastocytus. Sel mesenchym ini dinamakan sel chondrogenik.

Discus Intervertebralis

- Berperan sebagai bantalan/penahan dengan komponen utama serabut kolagen yang terletak di antara vertebrae, menyebabkan discus intervertebralis dapat mengurangi tekanan/gesekan langsung terhadap vertebrae, serta dapat menimbulkan tahanan bila ada tarikan pada kedua ruas vertebra yang berurutan.
- Dipisahkan dengan vertebra oleh ligamentum.
- Tiap discus intervertebralis terdiri atas:
 1. **Anulus fibrosus**
Tersusun oleh kartilago fibrosa, tersusun konsentris berlapis-lapis, dengan berkas kolagen yang pada tiap lapisan membutuhkan sudut yang tepat dengan lapisan berikutnya.
 2. **Nucleus pulposus**
Terletak di tengah/pusat annulus fibrosus ontogeni dari notochorda terdiri atas sel yang terbentuk agak membulat, terpancang di dalam substansia kental dan amorf, banyak mengandung asam hyaluronat dan kolagen tipe II. Pada anak-anak nucleus pulposus besar, secara bertahap menjadi lebih kecil sesuai dengan bertambahnya umur, sebagian diganti oleh kartilago fibrosa.

PERBANDINGAN JARINGAN TULANG DAN JARINGAN TULANG RAWAN

Persamaan :

- Kedua-duanya sebagai jaringan terdiri atas sel dan matrix.
- Sel terdapat dalam lacuna.

- Mempunyai selubung: perichondrium atau periosteum.
- Kedua-duanya berasal dari mesenchyma. Kedua-duanya merupakan komponen sistem kerangka.

Perbedaan :

- Sel kartilago dapat bergerombol dalam satu lacuna.
- Matrix tulang dapat segera mengapur; pada kartilago pengapuran didahului dengan hipertrofi sel.
- Pertumbuhan tulang secara appositio, sedangkan kartilago secara appositio dan interstitialis.
- Nutrisi pada kartilago secara difusi dan pada tulang melalui aliran darah dalam matrix

FUNGSI JARINGAN KARTILAGO DAN TULANG

Jaringan masing-masing membentuk kartilago dan tulang. Terutama karena sifat fisik khas, maka kedua-dua jaringan ini mempunyai fungsi utama pada 2 jenis sistem tubuh kita :

- a. Pada sistem gerak : sebagai tempat perlekatan otot dan tendo sebagai komponen sistem persendian
- b. Pada sistem pelindung: melindungi alat-alat penting tanpa mengganggu pekerjaan alat-alat ber sangkutan. Membantu memberi bentuk kepada tubuh atau bagian tubuh. Membantu menentukan sikap tubuh atau bagian tubuh tertentu.

OSTEO(HISTO)GENESIS

Proses kejadian, pertumbuhan dan perkembangan normal tulang dibagi 2, yaitu :

1. Osteogenesis membranacea

Pada cara ini jaringan tulang langsung dibentuk dari jaringan ikat mesenchyma. Pada tempat jaringan tulang akan terbentuk, fibroblastocytus mesenchymalis berkembang menjadi osteoblastocytus, yang menghasilkan osteocolagenus, yang segera ditimbuni garam-garam dari aliran darah. Matrix ini mengurung sel, yang kelak menjadi osteocytus. Sel ini menjadi terkurung dalam lacuna ossea. Matrix makin mengeras; mula-mula berbentuk pulau-pulau, yang dinamakan os membranaceum primarius. Pertumbuhan makin meluas menyebabkan pulau-pulau tulang melebur menjadi satu : os membranaceum secundarius. Pertumbuhan lanjut berlangsung secara aposisi atau berlapis-lapis ke arah tegak lurus, mendatar dan radial, setiap kali diselang-seling dengan resorpsi. Contoh : tulang atap kepala.

2. Osteogenesis cartilaginea

Jaringan tulang tidak langsung terjadi dari jaringan ikat mesenchyma, melainkan melalui tahap jaringan kartilago. Pada tempat jaringan tulang akan terbentuk, fibroblastocytus mesenchymalis berkembang, berubah tabiat menjadi chondroblastocytus, yang menghasilkan matrix cartilago. Chondrocytus yang terjadi terkurung dalam lacunacartilaginea. Terjadilah model cartilago. Penulangan (osifikasi) kemudian terjadi melalui 2 cara:

A. Osteogenesis perichondralis Ini terjadi pada model cartilago hyalina yang akan menjadi tulang. Terjadi 2 peristiwa pokok :

- Chondrocytus pada model mengalami hipertrofi dan kehancuran. Terjadilah lacunae yang meluas, saling terpisah oleh sekat-sekat matrix yang mengapur
- Lacunae dimasuki kapiler darah, berasal dari perichondrium, membawa sel osteogenik, yang akan berubah menjadi osteoblastocytus. Sel terakhir menghasilkan matrix baru pada matrix cartilaginea yang mengapur. Terjadilah centrum ossificationis primarium atau pusat penulangan primer. Ini terjadi pada diaphysis tulang, sehingga juga dinamakan centrum ossificationis primarium diaphysiale. Pergantian matrix cartilaginea oleh matrix ossea mulai terjadi di bawah perichondrium. Ikut aliran darah, masuk pulalah osteoclastocytus, yang merusak jaringan tulang. Osteoclastocytus di pusat diaphysis membentuk rongga sumsum sementara: cavitas medullaris primarium ini meluas ke arah epiphysis. Perichondrium menjadi periosteum. Sementara itu dengan cara yang sama, di pusat epiphysis terjadi juga pusat penulangan: centrum ossificationis secundarium epiphysiale. Proses penulangan ini meninggalkan sisa jaringan cartilago di dua tempat :
- Fascia articularis, pada ujung sendi.
- Cartilago epiphysialis, di perbatasan epiphysis dan diaphysis. Pada daerah terakhir inilah akan terjadi ossificatio endochondralis.

B. Ossificatio endochondralis

Proses penulangan ini akan menggantikan cartilago epiphysialis menjadi jaringan tulang. Pada perkembangan ini, maka pada cartilago epiphysialis tampak beberapa daerah, seperti tiang-tiang, berurutan dari arah epiphysis ke diaphysis, sebagai berikut:

- Zona reservata: daerah cadangan sel cartilage
- Zona proliverativa : sel kartilago mengalami proliferasi (mitosis), teratur bertumpuk membentuk tiang berjajar: columella chondrocyti.
- Zona hypertrophica: terisi chondrocytus hypertrophicus yang membentuk fosfatasa alkalis. Mulai tampak pengapuran.
- Zona resorbens: terjadi proses resorpsi.

Kartilago yang mengapur sebagai cartilago calcificata menunjukkan adanya rongga-rongga, dinamakan cavitas cartilaginea, yang saling dibatasi oleh sekat-sekat: trabecula cartilaginea. Makin ke arah diaphysis, chondrocytus makin mengalami atrofi.

- Zona ossificationis : atau daerah penulangan.

Aliran darah dari endochondrium membawa sel osteogenik, yang berubah menjadi osteoblastocytus. Sel membentuk matrix. Penulangan diikuti oleh resorpsi yang dilakukan oleh osteoclastocytus. Terjadilah cavitas medullaris yang dibatasi oleh trabecula ossea gramma. Aliran darah juga membawa garam-garam. Terjadilah pengapuran. Matrix yang membentuk lamella menghasilkan os endochondrale lamellosum, berisi rongga sumsum banyak, saling dibatasi oleh trabecula ossea secundaria. Gambaran lamela kurang teratur. Terjadilah os spongiosum atau os trabeculare, sedang pada diaphysis terjadilah os compactum.

Catatan : Cavitas medullaris kelak diisi oleh jaringan ikat mesenchyma, yang akan membentuk komponen sistem darah.

SUPLEMEN MATERI HISTOLOGI BLOK SIKLUS HIDUP MANUSIA I INTEGUMEN

DASAR TEORI

Kulit dan derivatif serta apendiksnya (adneksa) membentuk sistem integumen. Pada manusia, derivatif kulit mencakup kuku, rambut, dan beberapa jenis kelenjar keringat dan sebacea. Kulit, atau integumen, terdiri atas dua daerah berbeda, yaitu epidermis di sebelah luar dan dermis di sebelah dalam. Epidermis adalah lapisan nonvaskular yang dilapisi epitel berlapis gepeng dengan lapisan tanduk dengan jenis dan lapisan sel berbeda-beda. Dermis terletak tepat di bawah epidermis dan ditandai oleh jaringan ikat padat tidak teratur. Di bawah dermis terdapat hipodermis atau lapisan subkutis (tela subcutanea) jaringan ikat dan jaringan adiposa yang membentuk fasia superfisial yang tampak secara anatomis.

Epidermis: Kulit Tebal Vs Tipis

Histologi dasar kulit di berbagai bagian tubuh serupa, kecuali ketebalan epidermis. Telapak tangan dan kaki secara terus menerus terpapar terhadap gesekan, tarikan, dan abrasi. Akibatnya, epidermis di daerah ini tebal, terutama lapisan terluar yaitu lapisan bertingkat keratin. Kulit di daerah ini disebut kulit tebal. Kulit tebal juga mengandung banyak kelenjar keringat (glandula sudorifera), namun tanpa folikel rambut, kelenjar sebacea, atau serat otot polos. Sisa permukaan tubuh lainnya ditutupi oleh kulit tipis. Di daerah ini, epidermis lebih tipis, dan komposisi selnya lebih sederhana daripada kulit tebal. Pada kulit tipis terdapat folikel rambut (folliculus pili), kelenjar sebacea (glandula sebacea), dan kelenjar keringat. Pada selubung jaringan ikat folikel rambut dan jaringan ikat dermis melekat serat otot polos, disebut arrector pili. Yang juga melekat pada folikel rambut adalah kelenjar sebacea. Selain keratinosit yang mengalami keratinisasi di epitel epidermis juga mengandung tiga jenis sel yang jumlahnya lebih sedikit. Sel-sel ini adalah melanosit (melanocytus), sel Langerhans, dan sel Merkel.

Sel epidermis

Terdapat empat jenis sel di epidermis kulit, dengan keratinosit sebagai sel dominan. Keratinosit membelah, tumbuh, bergerak ke atas, dan mengalami keratinisasi atau kornifikasi, dan membentuk lapisan epidermis protektif bagi kulit. Epidermis terdiri dari epitel berlapis gepeng dengan lapisan tanduk. Terdapat jenis sel lainnya yang lebih sedikit di epidermis. Sel-sel ini adalah melanosit, sel Langerhans, dan sel Merkel, yang terselip di antara keratinosit di epidermis. Di kulit tebal, dapat dikenali adanya lima lapisan sel.

Lapisan sel epidermis

1. Stratum Basal (Germinativum)

Stratum basal (stratum basale) adalah lapisan paling dalam atau dasar di epidermis. Lapisan ini terdiri dari satu lapisan sel kolumnar hingga kuboid yang terletak pada membrana basalis yang memisahkan dermis dari epidermis. Sel-sel melekat satu sama lain melalui taut sel yang disebut desmosom, dan pada membrana basalis di bawahnya melalui hemidesmosom. Sel di stratum basal berfungsi sebagai sel induk bagi epidermis; karena itu, di lapisan ini banyak ditemukan aktivitas mitosis. Sel membelah dan mengalami pematangan sewaktu bermigrasi ke atas menuju lapisan superfisial. Semua sel di stratum basal menghasilkan dan mengandung filamen keratin intermediet (filamentum keratini) yang meningkat jumlahnya sewaktu sel bergerak ke atas.

2. Stratum Spinosum

Sewaktu keratinosit bergerak ke atas di epidermis, terbentuk lapisan sel kedua atau stratum spinosum. Lapisan ini terdiri dari empat sampai enam tumpukan sel. Pada sediaan histologik rutin, sel di lapisan ini menciut. Akibatnya, ruang interselular memperlihatkan banyak lonjolan sitoplasma, atau spina tduri), yang keluar dari permukdannya. Duri-duri ini mencerminkan tempat desmosom melekat pada berkas filamen keratin intermediat, atau tonofilamen, dan sel sekitar. Pemtrentukan filamen keratin berlanjut di lapisan ini yang kemudian tersusun membentuk berkas tonofilamen (tonofilamentum). Tonofilamen mempertahankan kohesi di antara sel dan menghasilkan resistensi terhadap abrasi epidermis.

3. Stratum Granulosum

Sel-sel di atas stratum spinosum kemudian terisi oleh granula keratohialin (granula keratohyalini) basofilik dan membentuk lapisan ketiga, stratum granulosum. Lapisan ini dibentuk oleh tiga sampai lima lapisan sel gepeng. Cranula tidak dibungkus oleh membran dan berkaitan dengan berkas tonofilamen keratin. Kombinasi tonofilamen keratin dengan granula keratohialin di sel ini menghasilkan keratin. Keratin yang dibentuk dengan cara ini aditah keratin lunak kulit. Selain itu, sitoplasma sel mengandung granula lamellosum terbungkus-membran yang dibentuk oleh lapisganda lemak. Cranula lamellosum dikeluarkan ke dalam ruang interselulai stratum granulosum sebagai lapisan lemak dan menutupi kulit. Proses ini menyebabkan kulit relatif impermeabel terhadap air.

4. Stratum Lusidum

Stratum lusidum (stratum lucidum) yang translusen dan kurang jelas hanya dapat ditemukan di kulit tebal; Iapisan ini terletak tepat di dtas strdtum granulosum dan di bawah stratum korneum. Sel-selnya tersusun rapat dan tidak memiliki nukleui atau organel dan telah mati. Sel-sel gepeng ini mengandung filamen keratin yang padat.

5. Stratum Korneum

Stratum korneum (stratum corneum) adalah lapisan kulit kelima dan paling luar. Semua nukleus dan organel telah lenyap dari sel. Stratum korneum terutama terdiri dari sel mati yang gepeng berisifilamen keratin lunak. Sel superfisial berkeratin di lapisan ini secara terus menerus dilepaskan atau mengalami deskuamasi serta diganti oleh sel baru yang muncul dari stratum basal di sebelah dalam. Selama proses keratinisasi, enzim-enzim hidrolitik merusak nukleus dan organel sitoplasma, yang kemudian lenyap ketika sel terisi oleh keratin.

Dermis: Stratum Papillare dan Reticulare

Dermis adalah lapisan jaringan ikat yang mengikat epidermis. Epidermis dan dermis dipisahkan oleh membrana basalis yang jelas. Selain itu, dermis juga mengandung derivatif epidermal misalnya kelenjar , keringat, kelenjar sebacea, dan folikel rambut.

Pertemuan epidermis dan dermis merupakan lapisan yang tidak rata. Lapisan superfisial di dermis membentuk banyak tonjolan ke atas yaitu papillae, yang saling menjalin dengan evaginasi epidermis, disebut cristae catis (epidermal ridges). Bagian kulit inl adalah stratum papillare dermis. Lapisan ini terdiri atas jaringan ikat longgar tidak teratur, kapiler, pembuluh darah, fibroblas, makrofag, dan sel jaringan ikat longgar lainnya.

Lapisan dermis yang lebih dalam adalah stratum reticulare. Lapisan ini lebih tebal dan ditandai oleh serat jaringan ikat padat tidak teratur (terutama kolagen tipe I), dan kurang selular dibandingkan dengan stratum papillare. Tidak terdapat batas yang jelas antara kedua lapisan dermis, dan stratum papillare menyatu dengan stratum reticulare. Dermis juga menyatu di sebelah inferior dengan hipodermis atau lapisan subkutis, yang terdapat fasia superfisial dan jaringan adiposa.

Jaringan ikat dermis mengandung banyak pembuluh darah, pembuluh limfe, dan saraf. Bagian kulit tertentu menunjukkan anastomosis arteriovenosa yang digunakan untuk pengaturan suhu. Di

sini, darah mengalir langsung dari arteri ke dalam vena. Selain itu, dermis mengandung banyak reseptor sensorik. Corpusculum tactile (Meissner) berada di dekat permukaan kulit di papillae, sementara corpusculum lamellosum (Pacinian corpuscle) ditemukan lebih dalam di jaringan ikat dermis.

Sel Kulit Lainnya

Selain keratinosit, epidermis mengandung tiga jenis sel lain: melanosit, sel Langerhans, dan sel Merkel. Sel-sel ini biasanya tidak dapat dibedakan pada preparat hematoksilin dan eosin kecuali jika dipersiapkan dengan pewarnaan khusus. Melanosit berasal dari sel krista saraf. Sel ini memiliki juluran sitoplasma yang tidak teratur dan bercabang ke dalam epidermis.

Melanosit terletak antara stratum basal dan stratum spinosum epidermis dan menyintesis pigmen coklat tua melanin. Melanin dibentuk dari asam amino tirosin oleh melanosit. Granula melanin di melanosit bermigrasike tonjolan-tonjolan sitoplasmanya, dan kemudian dipindahkan ke dalam keratinosit di lapisan basal epidermis. Melanin memberi warna gelap pada kulit, dan pemaparan kulit terhadap sinar matahari merangsang pembentukan melanin. Fungsi melanin adalah melindungi kulit dari efek radiasi ultraviolet yang merusak.

Sel Langerhans terutama ditemukan di stratum spinosum. Sel ini berperan dalam respons imun tubuh. Sel Langerhans mengenal, memfagosit, dan memproses antigen asing dan menyajikannya pada limfosit T untuk memicu respons imun. Karena itu, sel ini berfungsi sebagai sel penyaji-antigen kulit.

Sel Merkel ditemukan di lapisan basal epidermis dan paling banyak di ujung jari. Karena sel ini berhubungan erat dengan akson aferen (sensorik) tidak bermielin, sel ini diduga berfungsi sebagai mekanoreseptor untuk mendeteksi tekanan.

Fungsi Utama Kulit

Kulit berkontak langsung dengan lingkungan luar. Akibatnya, kulit melakukan banyak fungsi penting yang Sebagian besar bersifat protektif.

- Perlindungan:
Epitel berlapis dengan lapisan tanduk melindungi permukaan tubuh terhadap abrasi mekanik dan membentuk sawar fisik terhadap patogen atau mikroorganisme asing. Karena adanya lapisan glikolipid di antara sel-sel stratum granulosum, epidermis juga tidak permeabel terhadap air. Lapisan ini juga mencegah hilangnya cairan tubuh melalui dehidrasi. Peningkatan sintesis pigmen melanin melindungi kulit dari radiasi ultraviolet.
- Regulasi suhu:
Latihan fisik atau lingkungan yang panas meningkatkan proses berkeringat. Mekanisme ini memungkinkan hilangnya sebagian panas tubuh melalui penguapan keringat dari permukaan kulit. Selain berkeringat, termoregulasi juga melibatkan dilatasi pembuluh darah untuk memungkinkan aliran darah maksimum ke kulit. Fungsi ini juga meningkatkan pengeluaran panas. Sebaliknya, di daerah dingin, panas tubuh dipertahankan dengan konstiksi pembuluh darah dan penurunan aliran darah ke kulit.
- Persepsi Sensorik
Kulit adalah organ sensorik bagi lingkungan luar. Banyak ujung saraf sensorik terbungkus dan bebas di dalam kulit berespons terhadap suhu (panas dan dingin), sentuhan, nyeri, dan tekanan.
- Ekskresi:
Melalui pembentukan keringat oleh kelenjar keringat, air, larutan garam, urea dan produk sisa bernitrogen dapat diekskresikan melalui permukaan kulit.
- Pembentukan Vitamin D :

Bila kulit terpapar sinar ultraviolet dari matahari, akan terbentuk vitamin D dari molekul prekursor yang disintesis di dalam epidermis. Vitamin D diperlukan untuk absorpsi kalsium dari mukosa usus dan metabolisme mineral yang memadai.

REFERENSI

1. John e Hall. 2014. Guyton dan Hall buku ajar fisiologi kedokteran. Winsland house. Saunders Elsevier
2. Bloom, Fawcet. 2015. Buku Ajar Histologi Edisi 12. Jakarta. EGC
3. Anthony L, Mescher. 2016. Histologi Dasar Junqueira Edisi 14. Jakarta. EGC
4. Victor P. Eroschenko. 2015. Atlas Histologi DiFiore edisi 12. Jakarta.EGC