

**Modul 3 Tutor**

**Modul 3 Tutorial  
Siklus Hidup Manusia 1**



**Disusun Oleh :  
Tim Penyusun**

**Program Studi Kedokteran  
Fakultas Kedokteran dan Kesehatan  
Universitas Muhammadiyah Jakarta  
2022**

**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 Putri, MKK

**Dosen Pengampu :**

Fisiologi: DR.dr. Fanny Septiani,M.Biomed

Biokimia : dr M.Dwi Putra, M.Biomed

Farmakologi : dr.Rina Nurbani,M.Biomed,SpAK

Radiologi : dr.Reni Luhur,SpRad

AIK :

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur atas berkah Rahmah Hidayah-Nya, akhirnya kami dapat menyelesaikan modul komunikasi dokter-pasien yang digunakan oleh mahasiswa Blok Siklus Hidup Manusia 1 pada semester I. Modul 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, Oktober 2022  
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
• <i>Problem Based Learning</i>	7
• Peraturan PBL	9
• Daftar Pustaka	10
• Suplemen Modul 1	11

## **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. Pada modul 1 ini mahasiswa juga diharapkan mampu memahami dasar-dasar embriologi, anatomi, fisiologi, biokimia, histologi, radiologi serta farmakologi terutama yang berkaitan dengan sistem lokomotor dan integumen.

#### **2. Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari modul sudah melewati blok Pasienku dan Lingkungannya.

#### **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 fisiologi alat gerak
2. Mahasiswa mampu menjelaskan histologi muskuloskeletal.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan biokimia gerakan otot
4. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan radiologi dasar muskuloskeletal
5. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan farmakokinetik obat muskuloskeletal ( muscle relaxan ).
6. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan ayat dan hadits yang berhubungan dengan penciptaan dan siklus hidup manusia.

#### **5.Skenario Modul 3**

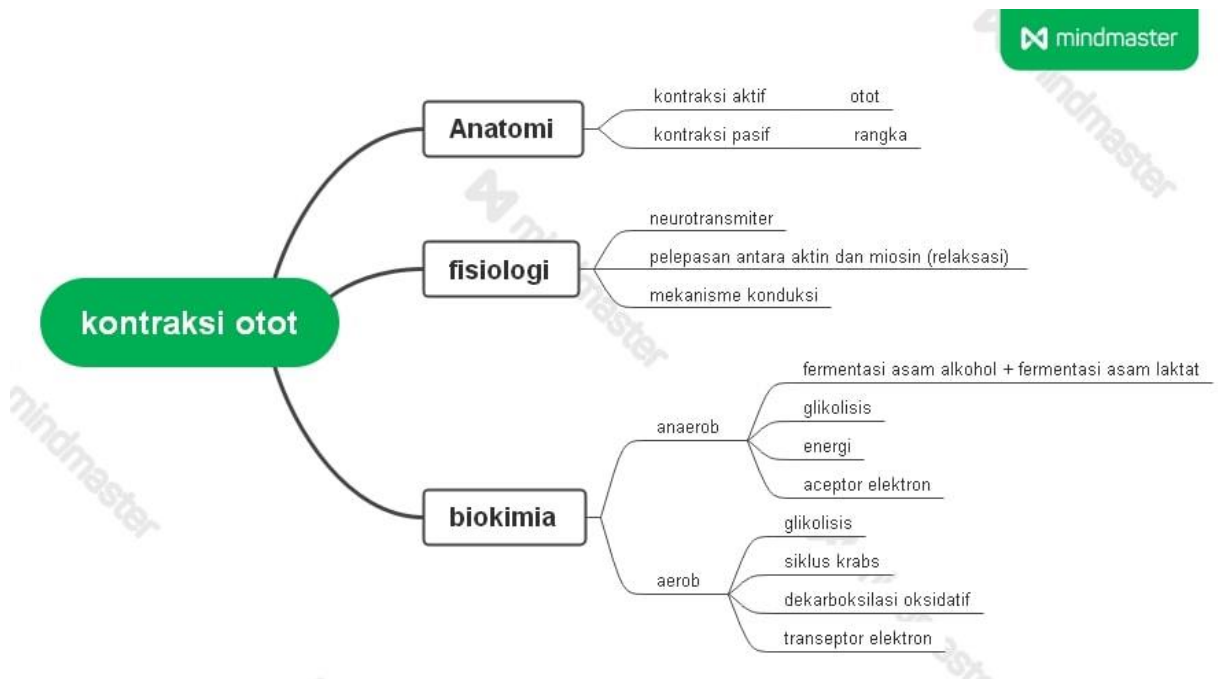
Seorang anak laki – laki bernama Renza berumur 10 tahun pergi berlibur bersama keluarganya. Diarena bermain mereka sekeluarga berenang di kolam renang spiral selama hamper 1,5 jam tanpa didahului pemanasan dan relaksasi terlebih dahulu. Tiba – tiba Renza berteriak – teriak minta tolong di pinggir kolam renang, Kedua kakinya sulit digerakkan, terasa kaku seperti kram disertai rasa sakit.

Kedua orang tuanya yang berada tak jauh dari posisi Renza saat itu segera datang untuk menolong. Mereka cemas dan bingung, tidak tahu harus berbuat apa untuk menolong Renza. Mereka hanya mencoba memijat kaki Renza dan segera membawanya ke rumah sakit untuk di lakukan pemeriksaan Radiologi atas permintaan sendiri. Berdasarkan hasil pemeriksaan dokter, dinyatakan hasil radiologinya normal. Dokter memberikan obat untuk menghilangkan keluhan Renza.

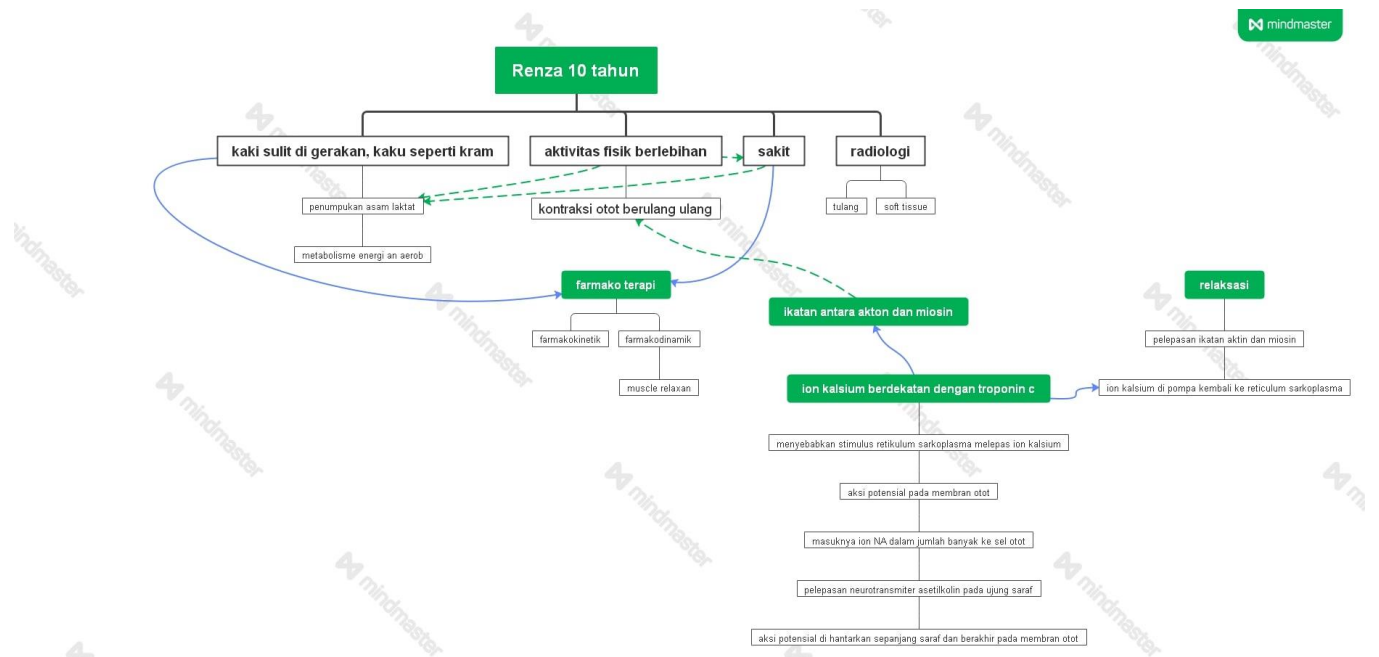
#### **7. Identifikasi masalah:**

- Aktivitas fisik berlebihan tanpa didahului pemanasan
- Kaki sulit digerakan, terasa kaku seperti kram
- Kaki terasa sakit
- Radiologi otot dan tulang normal.

## 8. Peta pemikiran



## 9. Peta konsep





### ***10. 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**.

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
- 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.
- Merangkum 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 :
  - Aktif bertanya
  - Tidak mendominasi diskusi atau berdiam diri dalam diskusi
- c) Mendengarkan pendapat peserta lain dengan seksama..
- d) Memastikan tujuan pembelajaran sudah didiskusikan

#### **a. Aspek penilaian laporan hasil tutorial**

##### 1) Format Penyusunan

- Cover
- Kata pengantar
- Daftar isi
- Pendahuluan
- Isi
- Penutup
- Daftar rujukan

##### 2) Pendahuluan

- Latar Belakang
- Tujuan
- Rumusan masalah

##### 3) Isi

- Skenario
- Tinjauan Pustaka
- Hasil analisis

##### 4) Penutup

- Kesimpulan
- Saran
- Daftar Rujukan

## **11. Peraturan**

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 melakukan kecurangan pada saat ujian dalam bentuk apapun
  - l. Syarat mengikuti ujian praktikum adalah kehadiran praktikum minimal 75% dari jumlah pertemuan terjadwal
  - m. Syarat mengikuti ujian akhir blok adalah kehadiran kuliah minimal 75% dari jumlah pertemuan terjadwal

## 12. Referensi

Referensi merupakan bahan bacaan sebagai rujukan materi yang dipelajari dalam blok ini.

Referensi yang digunakan dapat diakses melalui *e-learning*.

### Daftar Pustaka:

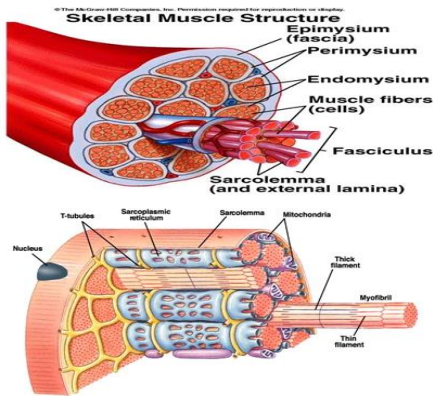
1. Atlas sobotta.
2. Buku aja anatomi sobotta. Elsevier.2015
3. Atlas Yokochi.
4. Gray anatomis.
5. Prometheus anatomi.
6. Anatomi klinik 1, 2,3.
7. Embriologi Langman.
8. Sherwood, Lauralee. (2016). Human Physiology : From Cells to Systems (9). Australia: Cengage Learning.
9. Guyton, C.A., Hall, J.E. (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.
14. Adam Greenspan. Orthopedic Imaging A Practical Approach, Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
15. David Sutton. Textbook Of Radiology and Imaging. Vol 2. 2002

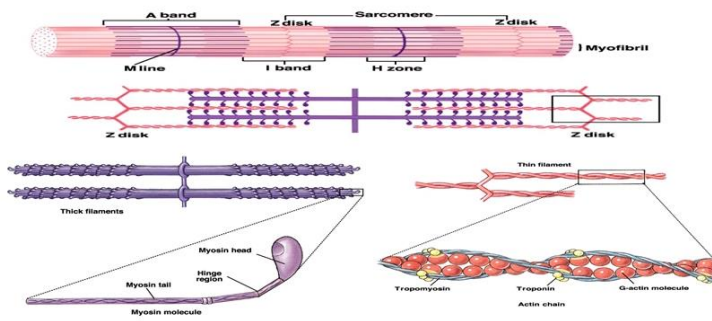
## **Suplemen Tutor**

### **FISIOLOGI MUSKULOSKELETAL**

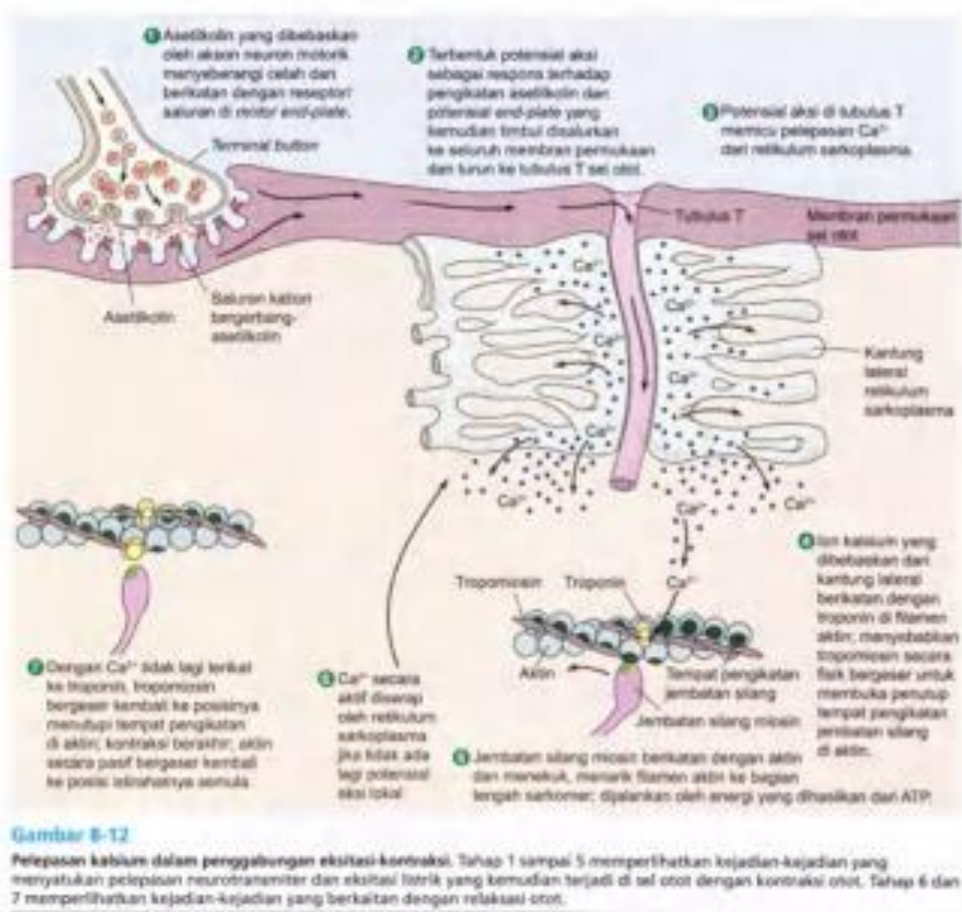
Serat otot rangka merupakan kumpulan fasciculus (sel otot berbentuk silindris yg diikat oleh jaringan ikat). Seluruh serat otot dihimpun menjadi satu oleh jaringan ikat yg disebut epimysium (fascia). Unit strukturalnya berdiameter 0,01-0,1 mm dgn panjang 1-40 mm. Besar dan jumlah jaringan, terutama jaringan 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 :

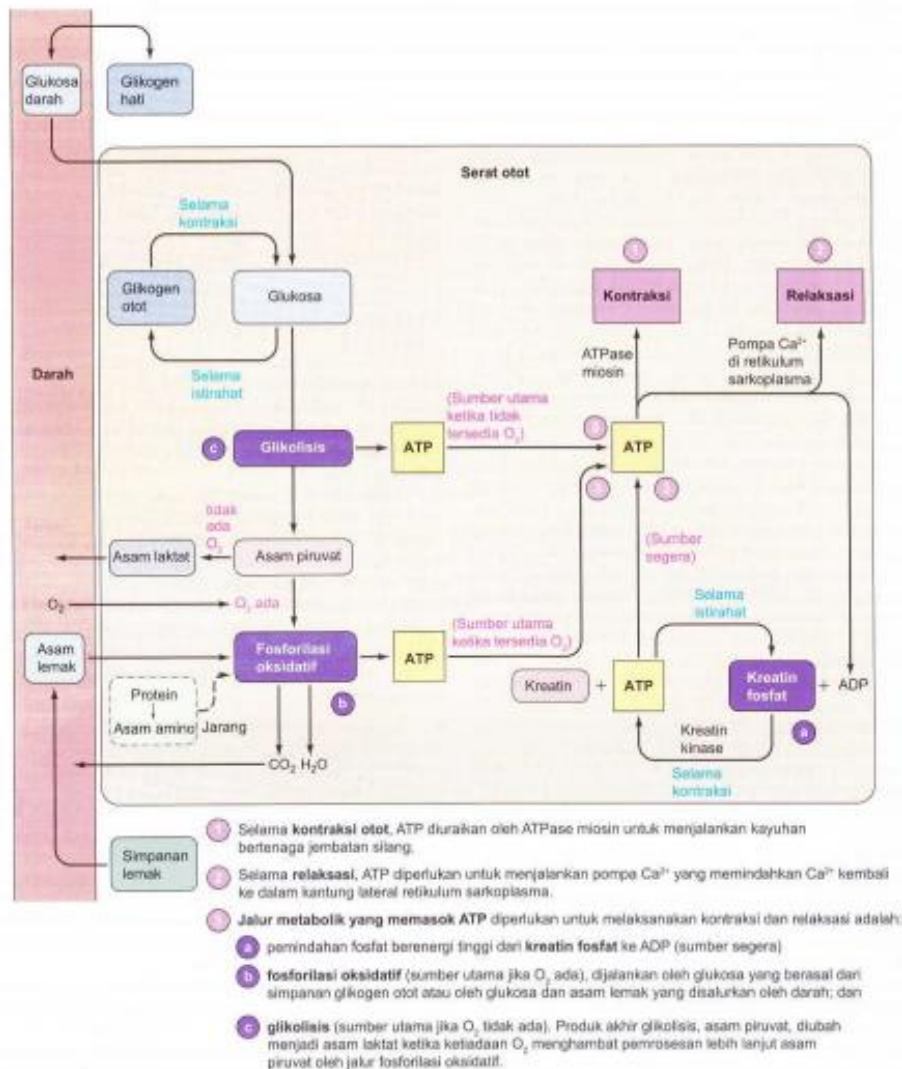
1. Aksi potensial dihantarkan sepanjang saraf dan berakhir pada membran otot
2. Pada ujung saraf dilepaskan neurotransmitter asetilkolin
3. Asetilkolin akan bekerja pada membran serabut otot dan membuka gate Natrium
4. Masuknya ion Natrium dalam jumlah banyak memulai terjadinya aksi potensial pada membran 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 dipeaskan 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 glicin, 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.

BIOKIMIA

## **MEKANISME PERNAPASAN Aerob Dan Anaerob**

Secara kompleks, respirasi diartikan sebagai sebuah proses pergerakan atau mobilisasi energi oleh makhluk hidup dengan cara memecah senyawa dengan ebergi tinggi yakni SET yang akan digunakan sebagai penyokong aktifitas dalam keseharian makhluk hidup tersebut. Kegiatan respirasi ini berlangsung pada semua makhluk hidup baik itu hewan, tumbuhan maupun manusia. Secara umum, dalam ilmu biologi dikenal ada dua jenis respirasi. Pembedaannya didasarkan pada keterlibatan oksigen di dalam proses tersebut. Adapun yang dimaksud adalah respirasi aerob dan respirasi anaerob.

### **Respirasi Aerob**

Secara sederhana, respirasi yang satu ini diartikan sebagai sebuah reaksi katabolisme yang memerlukan suasana aerobik dengan demikian dalam prosesnya keberadaan oksigen sangat dibutuhkan. Hasil dari reaksi ini adalah energi dengan jumlah yang besar.

Energi tersebut disimpan dalam bentuk energi kimiawi yang dikenal dengan kode ATP.

Energi ATP ini akan digunakan oleh sel di dalam tubuh makhluk hidup untuk menunjang beberapa hal seperti pertumbuhan, gerak, transportasi, reproduksi dan kegiatan lainnya.

Secara sederhana, rumus yang menggambarkan respirasi aerob adalah  $C_6H_{12} + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$ .

Respirasi aerob ini dibagi ke dalam 3 tahapan, yang secara berturut-turut mencakup:

1. Glikolisis, yakni proses pemecahan molekul c6 atau glukosa menjadi senyawa bernama asam piruvat atau dikenal dengan rumus kimia C3.
2. Siklus krebs, yakni reaksi CoA atau molekul asetil yang akan menghasilkan oksalasetat dan juga asam sitrat.
3. Transpor electron, yakni reaksi reduksi atau oksidasi NADH<sub>2</sub> dan molekul FADH<sub>2</sub> yang pada akhirnya menghasilkan H<sub>2</sub>O juga energi berupa ATP.

### **Respirasi Anaerob**

Yakni pernapasan yang tidak memerlukan oksigen atau o<sub>2</sub>. Respirasi yang satu ini terjadi pada bagian sitoplasma dan tujuannya untuk mengurai senyawa organik. Tidak seperti respirasi aerob, respirasi anaerob hanya menghasilkan sejumlah energi yang jauh lebih kecil

yakni 2 ATP. Proses respirasi anaerob ini bisa dijumpai pada reaksi fermentasi juga pernapasan intra-molekul. Jika pada reaksi aerob, terdapat pembebasan CO<sub>2</sub> juga H<sub>2</sub>O secara sempurna, maka pada respirasi anaerob glukosa dipecah secara tidak sempurna menjadi komponen H<sub>2</sub>O dan juga CO<sub>2</sub>. Pada respirasi anaerob ini pula, hidrogen bergabung bersama sejumlah komponen yakni asam piruvat, asetaldehid yang kemudian membentuk asam laktat juga etanol. Sementara itu pada respirasi aerob, hydrogen yang dibebaskan justru akan bergabung bersama dengan O<sub>2</sub> dan pada akhirnya membentuk H<sub>2</sub>O

Jika didata secara detil, maka perbedaan *respirasi aerob* dan anaerob bisa dilihat pada list berikut:

1. **Respirasi Aerob:** Memerlukan oksigen, prosesnya terjadi di dalam matriks mitokondria, respirasi ini bertujuan untuk memecah senyawa organik ke an-organik, menghasilkan energi dalam jumlah yang besar yakni 36 ATP

2. Respirasi Anaerob: tidak memerlukan kehadiran oksigen dalam prosesnya, berlangsung di dalam sitoplasma, tujuannya untuk mengurai senyawa organik, hasil akhirnya berupa energi tapi dalam jumlah yang sedikit yakni 2 ATP.

## **Proses Respirasi Aerob**

Respirasi aerob merupakan proses respirasi yang membutuhkan udara terutama oksigen. Secara garis besar, proses tersebut dibagi dalam 4 tahap, sebagai berikut,

1. Glikolisis
2. Dekarboksilasi Oksidatif
3. Siklus Krebs
4. Rantai Transport Elektron

### **a. Glikolisis**

Proses yang berlangsung di luar mitokondria dan secara anaerob. Dalam proses ini terjadi perubahan 1 molekul glukosa (6 C) menjadi 2 asam piruvat (3 C). Dalam proses glikolisis dihasilkan 2 asam piruvat, 2 ATP, dan 2 NADH.

### **b. Dekarboksilasi Oksidatif**

Dekarboksilasi oksidatif merupakan reaksi antara yaitu antara glikolisis dengan siklus krebs. Dalam proses ini terjadi perubahan dari 2 asam piruvat (3 C) menjadi 2 asetil Ko Enzim A (2 C). Hasil dari proses ini adalah 2 asetil Ko Enzim A, dan 2 NADH.

### **c. Siklus Krebs atau Asam Sitrat**

Siklus Krebs terjadi di mitokondria. Dalam proses ini terjadi perubahan dari 2 asetil ko enzim A menjadi 2  $C-O_2$ . Proses ini berlangsung secara aerob. Hasil dari proses ini adalah 2  $CO_2$ , 2 FADH, dan 6 NADH.

### **d. Rantai Transport Elektron**

Pada proses ini terjadi penerjemahan elektron berenergi tinggi. Pada proses ini dihasilkan  $H_2O$  dan terjadi konversi energi dengan rumus

1 NADH : 3 ATP

1 FADH : 2 ATP

Sehingga

Proses Glikolisis ----- 2ATP, 2NADH ----- **8 ATP**

Proses Dekarboksilasi Oksidatif ---- 2NADH----- **6 ATP**

Proses Siklus Krebs ----- 2FADH, 6NADH, 2ATP----- **22 ATP**

Hasil..... **38 ATP**

## **RESPORASI AN- AEROB**

Respirasi anaerob merupakan salah satu proses katabolisme yang tidak menggunakan oksigen bebas sebagai penerima atom hidrogen ( H ) terakhir, tetapi menggunakan senyawa tertentu ( seperti : etanol, asam laktat ) .

Asam piruvat yang dihasilkan pada tahapan glikolisis dapat dimetabolisasi menjadi senyawa

yang berbeda ( ada/tersedianya oksigen atau tidak ) .

Pada kondisi aerobik ( tersedia oksigen ) sistem enzim mitokondria mampu mengkatalisis oksidasi asam piruvat menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> serta menghasilkan energi dalam bentuk ATP ( Adenosin Tri Phosphat ) .

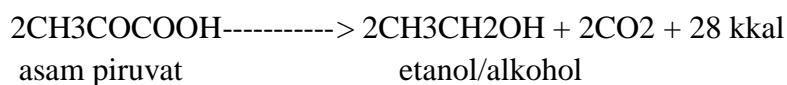
Pada kondisi anaerobik ( tidak tersedia oksigen ), suatu sel akan dapat mengubah asam piruvat menjadi CO<sub>2</sub> dan etil alkohol serta membebaskan energi ( ATP ). Atau oksidasi asam piruvat dalam sel otot menjadi CO<sub>2</sub> dan asam laktat serta membebaskan energi ( ATP ). Bentuk proses reaksi yang terakhir disebut, lazim dinamakan fermentasi. Proses ini juga melibatkan enzim-enzim yang terdapat di dalam sitoplasma sel.

Pada respirasi anaerob, tahapan yang ditempuh meliputi :

1. **Tahapan glikolisis**, dimana 1 molekul glukosa ( C<sub>6</sub> ) akan diuraikan menjadi asam piruvat, NADH dan 2 ATP
2. Pembentukan alkohol ( **fermentasi alkohol** ), atau pembentukan asam laktat( **fermentasi asam laktat** )
3. Akseptor elektron terakhir bukan oksigen, tetapi senyawa lain seperti : alkohol, asam laktat
4. Energi ( ATP ) yang dihasilkan sekitar 2 ATP

Beberapa proses reaksi yang berlangsung secara aerob ( Respirasi Anaerob ) :

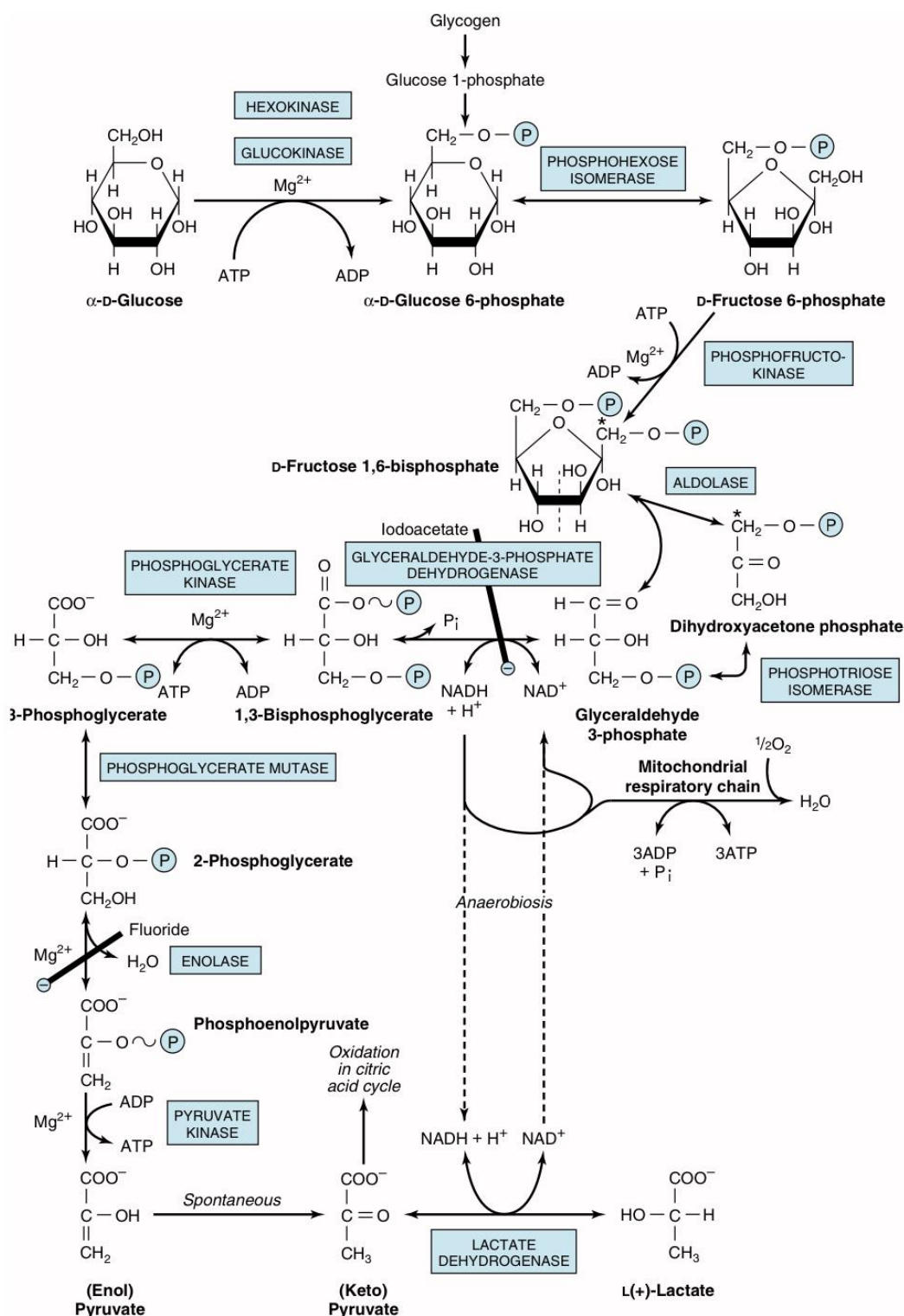
- **Fermentasi alkohol** : Proses ini terjadi pada beberapa mikroorganisme seperti jamur ( ragi ), dimana tahapan glikolisis sama dengan yang terjadi pada respirasi aerob. Setelah terbentuk asam piruvat ( hasil akhir glikolisis ), asam piruvat mengalami dekarboksilasi ( : sebuah molekul CO<sub>2</sub> dikeluarkan ) dan dikatalisis oleh enzim *alkohol dehidrogenase* menjadi etanol atau alkohol dan terjadi degradasi molekul NADH menjadi NAD<sup>+</sup> serta membebaskan energi/kalor. Proses ini dikatakan sebagai "*pemborosan*" karena sebagian besarenergi yang terkandung dalam molekul glukosa masih tersimpan di dalam alkohol. Itulah sebabnya, alkohol/etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar. Fermentasi alkohol pada mikroorganisme merupakan proses yang berbahaya bila konsentrasi etanolnya tinggi. Secara sederhana, reaksi fermentasi alkohol ditulis :



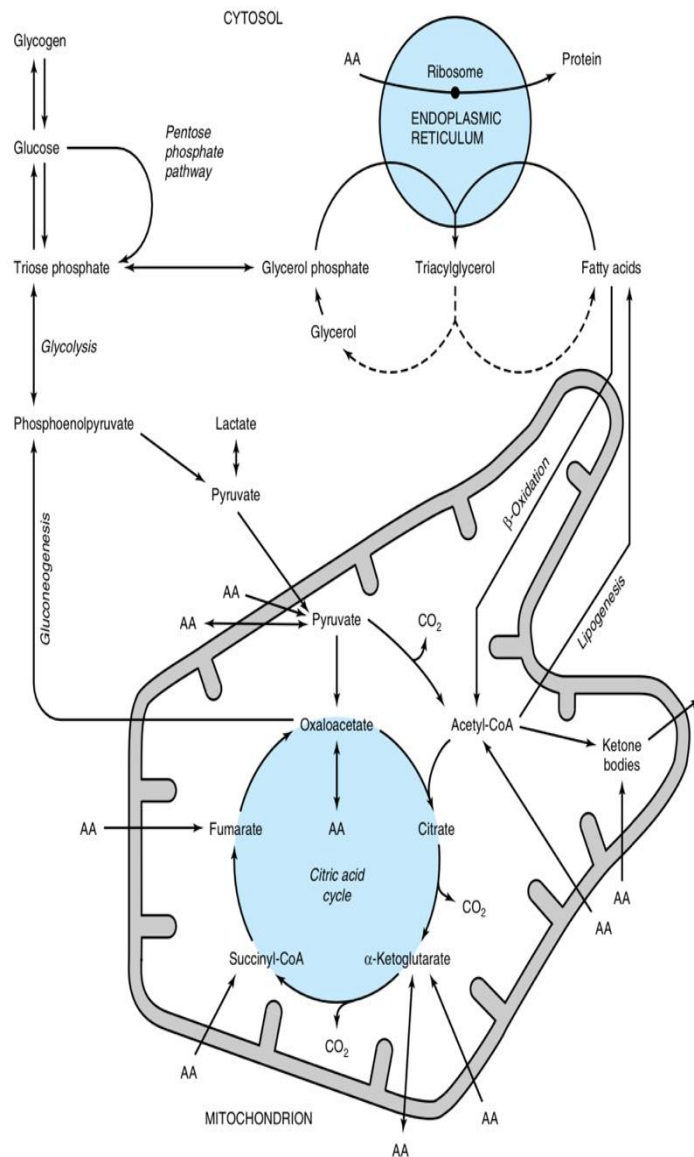
- **Fermentasi asam laktat** : Pada sel hewan ( juga manusia ) terutama pada sel-sel otot yang bekerja keras , energi yang tersedia tidaklah seimbang dengan kecepatan pemanfaatan energi karena kadar O<sub>2</sub> yang tersedia tidak mencukupi untuk kegiatan respirasi aerob ( reaksi yang membutuhkan oksigen ). Proses fermentasi asam laktat dimulai dari lintasan glikolisis yang menghasilkan asam piruvat. Karena tidak tersedianya oksigen maka asam piruvat akan mengalami degradasi molekul ( secara anaerob ) dan dikatalisis oleh enzim *asam laktat dehidrogenase* dan direduksi oleh NADH untuk menghasilkan energi dan asam laktat. Secara sederhana reaksi fermentasi asam laktat ditulis sebagai berikut.



Pada manusia, kejadian ini sering ditemukan ketika seseorang bekerja atau berolahraga berat/keras. Akibat kekurangan oksigen menyebabkan asam piruvat yang terbentuk dari tahapan glikolisis akan diuraikan menjadi asam laktat, yang menyebabkan timbulnya rasa pegal-pegal setelah seseorang bekerja/berolahraga berat/keras.



**Figure 17-2.** The pathway of glycolysis. (Ⓟ,  $-PO_3^{2-}$ ;  $P_i$ ,  $HOPO_3^{2-}$ ; ⊖, inhibition.) At asterisk: Carbon atoms 1-3 of fructose bisphosphate form dihydroxyacetone phosphate, whereas carbons 4-6 form glyceraldehyde 3-phosphate. The term "bis-," as in bisphosphate, indicates that the phosphate groups are separated, whereas diphosphate, as in adenosine diphosphate, indicates that they are joined.



**Figure 15-7.** Intracellular location and overview of major metabolic pathways in a liver parenchymal cell. (AA  $\rightarrow$ , metabolism of one or more essential amino acids; AA  $\leftrightarrow$ , metabolism of one or more nonessential amino acids.)

# Referensi

1. Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Harpers's Illustrated Biochemistry. 31<sup>st</sup> Ed. McGraw-Hill Education. 2018.
2. Nelson DL, Lehninger AL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry 8th Ed. W.H Freeman. 2021

## AIK

### PROSES PENCIPTAAN MANUSIA

#### 1. Siklus Hidup Manusia

Perjalanan hidup manusia menurut al-Qur'an melewati lima alam yaitu alam arwah atau alam ruh pada saat ruh belum bersatu dengan jasad. Ketika sudah berasatu dengan jasad memasuki alam Rahim dalam kandungan ibu sebagai janin. Setelah lahir memasuki alam dunia sebagai bayi. Ketika wafat masuk alam Barzakh sebagai jenazah dan setelah hari Kiamat memasuki alam akhirat untuk dihisab dan mendapat balasan amal perbuatannya sewaktu hidup di dunia. Berikut ini ayat-ayat al-Qur'an menjelaskan siklus tersebut :

##### 1. Alam Ruh (QS 7:172)

*Dan (ingatlah), ketika Tuhanmu mengeluarkan keturunan anak-anak Adam dari sulbi mereka dan Allah mengambil kesaksian terhadap jiwa mereka (seraya berfirman): "Bukankah Aku ini Tuhanmu?" Mereka menjawab: "Betul (Engkau Tuhan kami), kami menjadi saksi." (Kami lakukan yang demikian itu) agar di hari kiamat kamu tidak mengatakan: "Sesungguhnya kami (Bani Adam) adalah orang-orang yang lengah terhadap ini (keesaan Tuhan)." (QS. Al A'raf: 172).*

##### 2. Alam Rahim (QS Sajdah:9)

*"Kemudian dibentukNya (janin dalam rahim) dan ditiupkan ke dalamnya sebagian dari ruhNya" (QS Sajdah:9):*

##### 3. Alam Dunia (QS 43:32)

*"Apakah mereka yang membagi-bagi rahmat Tuhanmu? Kami telah menentukan antara mereka penghidupan mereka dalam kehidupan dunia, dan kami telah meninggikan sebahagian mereka atas sebagian yang lain beberapa derajat, agar sebagian mereka dapat mempergunakan sebagian yang lain. Dan rahmat Tuhanmu lebih baik dari apa yang mereka kumpulkan" (QS 43:32).*



#### 4. Alam Barzakh (QS 23:100)

"Agar aku berbuat amal yang shaleh, terhadap (hal-hal) yang telah aku tinggalkan. Sekali-kali tidak. Sesungguhnya itu adalah perkataan yang diucapkan (di bibirnya) saja (bukan dalam hati mereka). Dan di hadapan mereka ada barzakh (dinding yang membatasi hati mereka dari memahami kebenaran) sampai hari mereka dibangkitkan." (QS.23:100)

#### 5. Alam Akhirat (QS 29:64)

"Dan tiadalah kehidupan dunia ini melainkan senda gurau dan main-main. Dan sesungguhnya akhirat itulah yang sebenarnya kehidupan, kalau mereka mengetahui" (QS. 29:64)

## 2. Penciptaan Adam a.s. (Abul Basyar)

Nabi Adam diciptakan dari tanah dan kemudian diangkat sebagai wakil Allah di muka bumi (khalifah) sebagaimana dijelaskan dalam firman Allah berikut ini :

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰئِكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خٰلِफَةً قَالُوْۤا اَنْجِعْ فِیْهَا مَنْ یُّفْسِدُ فِیْهَا وَیَسْفِكُ الدِّمَآءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ اِنِّیْۤ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ

Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi." Mereka berkata, "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan menyucikan Engkau!" Tuhan berfirman, "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kalian ketahui." (al-Baqarah [2] : 30).

Di dalam hadis berikut ini dijelaskan waktu penciptaan Adam a.s. yaitu pada hari Jum'at

عَنْ اَبِي هُرَيْرَةَ، قَالَ: قَالَ رَسُوْلُ اللّٰهِ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: "خَيْرُ يَوْمٍ طَلَعَتْ فِيْهِ الشَّمْسُ يَوْمَ الْجُمُعَةِ، فِيْهِ خُلِقَ اٰدَمُ وَفِيْهِ اُدْخِلَ الْجَنَّةَ، وَفِيْهِ اُهْبِطَ مِنْهَا، وَفِيْهِ تَقُوْمُ السَّاعَةُ، وَفِيْهِ سَاعَةٌ لَا يُوَافِقُهَا مُؤْمِنٌ يُصَلِّي -وَقَبَضَ اَصَابِعَهُ قَلَّلَهَا -فَسَأَلَ اللّٰهَ خَيْرًا، اِلَّا اَعْطَاهُ اِيَّاهُ". قَالَ اَبُو سَلَمَةَ: فَقَالَ عَبْدُ اللّٰهِ بِنُ سَلَامٍ: قَدْ عَرَفْتُ تِلْكَ السَّاعَةَ، وَهِيَ اٰخِرُ سَاعَاتِ النَّهَارِ مِنْ يَوْمِ الْجُمُعَةِ، وَهِيَ الَّتِي خَلَقَ اللّٰهُ فِيْهَا اٰدَمَ،

Dari Abu Hurairah yang mengatakan bahwa Rasulullah Saw. pernah bersabda: Sebaik-baik hari yang matahari terbit padanya adalah hari Jumat; pada hari itu Adam diciptakan, dan pada hari yang sama Adam dimasukkan ke dalam surga, dan pada hari itu juga Adam diturunkan dari surga (ke bumi), dan pada hari itu pula kiamat akan terjadi. Di dalam hari Jumat terdapat suatu saat yang tidak sekali-kali seseorang hamba yang beriman menjumpainya dalam keadaan salat—Rasulullah Saw. mengatakan demikian seraya menggenggamkan jari jemarinya mengisyaratkan bahwa waktu itu cuma sebentar—lalu ia meminta suatu kebaikan kepada Allah, melainkan Allah memberinya apa yang dimintanya itu. Abu Salamah mengatakan, Abdullah ibnu Salam pernah berkata bahwa ia telah mengetahui waktu ijabah itu, yaitu di pengujung siang hari Jumat. Pada waktu itulah Allah menciptakan Adam.



Penciptaan Adam dilakukan melalui enam tahap berikut ini :

1. Turab (Tanah yang belum dicampur air) :

إِنَّ مَثَلَ عِيسَىٰ عِنْدَ اللَّهِ كَمَثَلِ آدَمَ خَلَقَهُ مِنْ تُرَابٍ ثُمَّ قَالَ لَهُ كُنْ فَيَكُونُ

Artinya, "Sesungguhnya misal (penciptaan) Isa di sisi Allah, adalah seperti (penciptaan) Adam. Allah menciptakan Adam dari tanah, kemudian Allah berfirman kepadanya, "Jadilah" (seorang manusia), maka jadilah dia." (Q.S Ali 'Imran [3] : 59)

2. Thin (Tanah yang dicampur air) :

إِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي خَالِقٌ بَشَرًا مِّنْ طِينٍ

Artinya, "(Ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada malaikat, "Sesungguhnya Aku akan menciptakan manusia dari tanah." (Q.S Shad [38] : 71)

3. Thinil Lazib (Tanah liat yang kering dan kuat) :

اسْتَفْتَيْهِمْ أَهْمَ أَشَدُّ خَلْقًا أَمْ مِّنْ خَلْقِنَا إِنَّا خَلَقْنَاهُمْ مِّنْ طِينٍ لَّازِبٍ

Artinya, "Maka tanyakanlah kepada mereka (musyrik Mekah), "Apakah mereka yang lebih kukuh kejadiannya atautkah apa yang telah Kami ciptakan itu?" Sesungguhnya Kami telah menciptakan mereka dari tanah liat." (Q.S Ash-Shaffat [37] : 11)

4. Hama'im masnun Tanah yang berwarna hitam, berbau tidak enak, berubah bentuk dan kering

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي خَالِقٌ بَشَرًا مِّنْ صَلْصَالٍ مِّنْ حَمَإٍ مَّسْنُونٍ

Artinya, "Dan (ingatlah), ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, "Sesungguhnya Aku akan menciptakan seorang manusia dari tanah liat kering (yang berasal) dari lumpur hitam yang diberi bentuk." (Q.S Al-Hijr [15] : 28)

5. Shalshal (Tanah kering yang mengeluarkan bunyi ketika diketuk) :

خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ صَلْصَالٍ كَالْفَخَّارِ

Artinya, "Dia menciptakan manusia dari tanah kering seperti tembikar." (Q.S Ar-Rahman [55]: 14)

6. Shawwarna (Wujud manusia dan sudah ditiupkan ruh) :

وَلَقَدْ خَلَقْنَاكُمْ ثُمَّ صَوَّرْنَاكُمْ ثُمَّ قُلْنَا لِلْمَلَائِكَةِ اسْجُدُوا لِآدَمَ فَسَجَدُوا إِلَّا إِبْلِيسَ لَمْ يَكُنْ مِنَ السَّاجِدِينَ

Artinya, "Sesungguhnya Kami telah menciptakan kamu (Adam), lalu Kami bentuk tubuhmu, kemudian Kami katakan kepada para malaikat, "Bersujudlah kamu kepada Adam," maka mereka pun bersujud kecuali Iblis. Dia tidak termasuk mereka yang bersujud." (Q.S Al-A'raf [7]: 11)

### 3. Penciptaan Hawa (Ummul Basyar)

يَا أَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوا رَبَّكُمُ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ نَفْسٍ وَاحِدَةٍ وَخَلَقَ مِنْهَا زَوْجَهَا وَبَثَّ مِنْهُمَا رِجَالًا كَثِيرًا وَنِسَاءً وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي تَسَاءَلُونَ بِهِ وَالْأَرْحَامَ إِنَّ اللَّهَ كَانَ عَلَيْكُمْ رَقِيبًا

"Wahai manusia, bertakwalah kepada Tuhan kalian yang telah menciptakan kalian dari jiwa yang satu; yang telah menciptakan darinya istrinya; dan telah menyebarkan dari keduanya (keturunan)

*laki-laki dan perempuan yang banyak. Takutlah kalian kepada Allah Zat yang dengan-Nya kalian beradu sumpah dan takutlah kalian memutus silaturrahim. Sungguh Allah adalah Zat yang maha mengawasi kalian.” (an-Nisa’[4] : 1)*

Menurut ath-Thabari, Allah menciptakan kalian” wahai manusia, “dari satu jiwa” yaitu dari Adam. “Kemudian Allah jadikan darinya”, maksudnya, kemudian Allah jadikan dari Adam, istrinya, yaitu Hawa. Dan itu terjadi, dengan Allah ciptakan Hawa dari salah satu tulang rusuk Adam. (Tafsir at-Thabari, 21/254).

Dalam hadis Nabi saw berikut ini juga disebutkan demikian : “*Bersikaplah yang baik kepada wanita, karena wanita diciptakan dari tulang rusuk. Dan tulang rusuk yang paling bengkok adalah bagian paling atas. Jika kalian luruskan dengan keras, akan patah. Sebaliknya, jika kalian biarkan akan selalu bengkok. Karena itu, bersikaplah yang baik kepada wanita”.* (HR. Bukhari 3331 & Muslim 1468 dari Abu Hurairah)

Menurut Ibnu Hajar, sabda beliau “Hawa diciptakan dari tulang rusuk..” ada yang mengatakan, ‘Di sini terdapat isyarat bahwa Hawa diciptakan dari tulang rusuk Adam yang sebelah kiri. Ada yang mengatakan, dari tulang rusuk yang pendek. Diriwayatkan oleh Ishaq dan ada tambahan tulang rusuk sebelah kiri. Itu terjadi sebelum masuk surga. Kemudian tulang rusuk itu diganti daging. Dan makna “Hawa diciptakan..” artinya dikeluarkan, sebagaimana tunas kurma yang keluar dari biji. (Fathul Bari, Syarh Sahih Bukhari, 6/368).

Dr. Wahbah Zuhaili menambahkan bahwa penciptaan Hawa dari tulang rusuk Adam adalah untuk menampakkan kekuasaan Allah, yaitu menciptakan sesuatu yang hidup dari benda hidup yang lain, bukan dengan cara kelahiran. (Tafsir Munir 2/557). Dalam perkembangan sains diketahui bahwa adanya kesamaan antara peta genetik dan jumlah kromosom pada Adam dan Hawa.

Terlepas dari pendapat-pendapat tersebut, pesan penting yang dalam Hadits Rasulullah SAW tersebut, bukan masalah penciptaan Hawa, namun, memerintahkan laki-laki berlemah lembut dalam hubungannya dengan wanita dan hendaklah bersikap lebih bijaksana dalam berinteraksi dengan mereka, karena kekerasan tidak akan berdampak baik. Demikian juga jika membiarkannya, maka akan merugikan kedua belah pihak.

#### 4. Proses penciptaan manusia

يَأَيُّهَا النَّاسُ إِن كُنْتُمْ فِي رَيْبٍ مِّنَ الْبَعْثِ فَإِنَّا خَلَقْنَاكُمْ مِّن تَرَابٍ ثُمَّ مِنْ نُطْفَةٍ ثُمَّ مِنْ عَلَقَةٍ ثُمَّ مِنْ مُّضْغَةٍ مُّخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُّخَلَّقَةٍ لِّنُبَيِّنَ لَكُمْ وَنُقَرُّ فِي الْأَرْحَامِ مَا نَشَاءُ إِلَىٰ آجَلٍ مُّسَمًّى ثُمَّ نُخْرِجُكُمْ طِفْلًا ثُمَّ لِتَبْلُغُوا أَشُدَّكُمْ وَمِنْكُمْ مَّن يُتَوَفَّىٰ وَمِنْكُمْ مَّن يُرَدُّ إِلَىٰ أَرْذَلِ الْعُمُرِ لِكَيْلَا يَعْلَمَ مِنْ بَعْدِ عِلْمٍ شَيْئًا وَتَرَى الْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ رَوْحٍ بِهِيج

*Hai manusia, jika kamu dalam keraguan tentang kebangkitan (dari kubur); maka (ketahuilah) sesungguhnya Kami telah menjadikan kamu dari tanah, kemudian dari setetes mani, kemudian dari segumpal darah, kemudian dari segumpal daging yang sempurna kejadiannya dan yang tidak sempurna, agar Kami jelaskan kepadamu dan Kami tetapkan dalam rahim, apa yang Kami kehendaki sampai waktu yang sudah ditentukan, kemudian Kami keluarkan kamu sebagai bayi, kemudian (dengan berangsur-angsur) kamu sampai pada kedewasaan, dan di antara kamu ada yang diwafatkan dan (ada pula) di antara kamu yang dipanjangkan umurnya sampai pikun, supaya dia tidak mengetahui lagi sesuatu pun yang dahulunya telah diketahuinya. Dan kamu lihat bumi ini*

kering, kemudian apabila Kami turunkan air di atasnya, hiduplah bumi itu dan suburlah dan menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang indah. (QS al Hajj/22:5).

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِّنْ طِينٍ ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَّكِينٍ ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا فَكَسَوْنَا الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنْشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ

"Dan sungguh, Kami telah menciptakan manusia dari saripati (berasal) dari tanah. Kemudian Kami menjadikannya air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). Kemudian, air mani itu Kami jadikan sesuatu yang melekat, lalu sesuatu yang melekat itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian, Kami menjadikannya makhluk yang (berbentuk) lain. Mahasuci Allah, Pencipta yang paling baik. (Al-Mu'minun [74] : 12-14)



عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ مَسْعُودٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ: حَدَّثَنَا رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَهُوَ الصَّادِقُ الْمَصْدُوقُ: «إِنَّ أَحَدَكُمْ يُجْمَعُ خَلْقُهُ فِي بَطْنِ أُمِّهِ أَرْبَعِينَ يَوْمًا نُطْفَةً، ثُمَّ يَكُونُ عَلَقَةً مِثْلَ ذَلِكَ، ثُمَّ يَكُونُ مُضْغَةً مِثْلَ ذَلِكَ، ثُمَّ يُرْسِلُ اللَّهُ إِلَيْهِ الْمَلَكَ، فَيَنْفُخُ فِيهِ الرُّوحَ وَيُؤَمِّرُ بِأَرْبَعِ كَلِمَاتٍ: يَكْتُبُ رِزْقَهُ وَعَمَلَهُ وَأَجَلَهُ وَشَقِيًّا أَوْ سَعِيدًا، فَوَاللَّهِ الَّذِي لَا إِلَهَ غَيْرُهُ إِنْ أَحَدَكُمْ لَيَعْمَلُ بِعَمَلِ أَهْلِ الْجَنَّةِ حَتَّىٰ مَا يَكُونُ بَيْنَهُ وَبَيْنَهَا إِلَّا ذِرَاعٌ، فَيَسْبِقُ عَلَيْهِ الْكِتَابُ فَيَعْمَلُ بِعَمَلِ أَهْلِ النَّارِ فَيَدْخُلُهَا، وَإِنْ أَحَدَكُمْ لَيَعْمَلُ بِعَمَلِ أَهْلِ النَّارِ حَتَّىٰ مَا يَكُونُ بَيْنَهُ وَبَيْنَهَا إِلَّا ذِرَاعٌ، فَيَسْبِقُ عَلَيْهِ الْكِتَابُ فَيَعْمَلُ بِعَمَلِ أَهْلِ الْجَنَّةِ فَيَدْخُلُهَا» رَوَاهُ الْبُخَارِيُّ وَمُسْلِمٌ

"Sesungguhnya salah seorang dari kalian penciptaannya dikumpulkan di perut ibunya selama empat puluh hari dan dalam bentuk air mani, kemudian menjadi alaqah (segumpal darah) seperi ti itu, kemudian menjadi sepotong daging seperi itu, kemudian Allah mengirim malaikat kepadanya lalu malaikat tersebut meniupkan ruh ke dalamnya dan diperintah dengan empat hal; menulis rizki amal perbuatan, ajalnya, dan ia orang celaka atau orang bahagia . Demi Dzat yang tidak ada tuhan yang

*berhak disembah kecuali Dia, sesungguhnya salah seorang dan kalian pasti beramal dengan amal penghuni surga hingga jarak antara dirinya dengan surga ialah satu hasta, kemudian ketetapan mendahuluinya, lalu ia mengerjakan amal penghuni neraka dan ia masuk neraka. Sesungguhnya salah seorang dan kalian pasti beramal dengan amal penghuni neraka hingga jarak antara dirinya dengan neraka ialah satu hasta, kemudian ketetapan mendahuluinya, lalu ia mengerjakan amal penghuni surga dan ia masuk surga.“ (Diriwayatkan Al Bukhari dan Muslim).*

1.link : [https://books.google.co.id/books/about/Orthopedic Imaging.html?id=frqnmf0IDoC&rediresc=y](https://books.google.co.id/books/about/Orthopedic+Imaging.html?id=frqnmf0IDoC&rediresc=y)

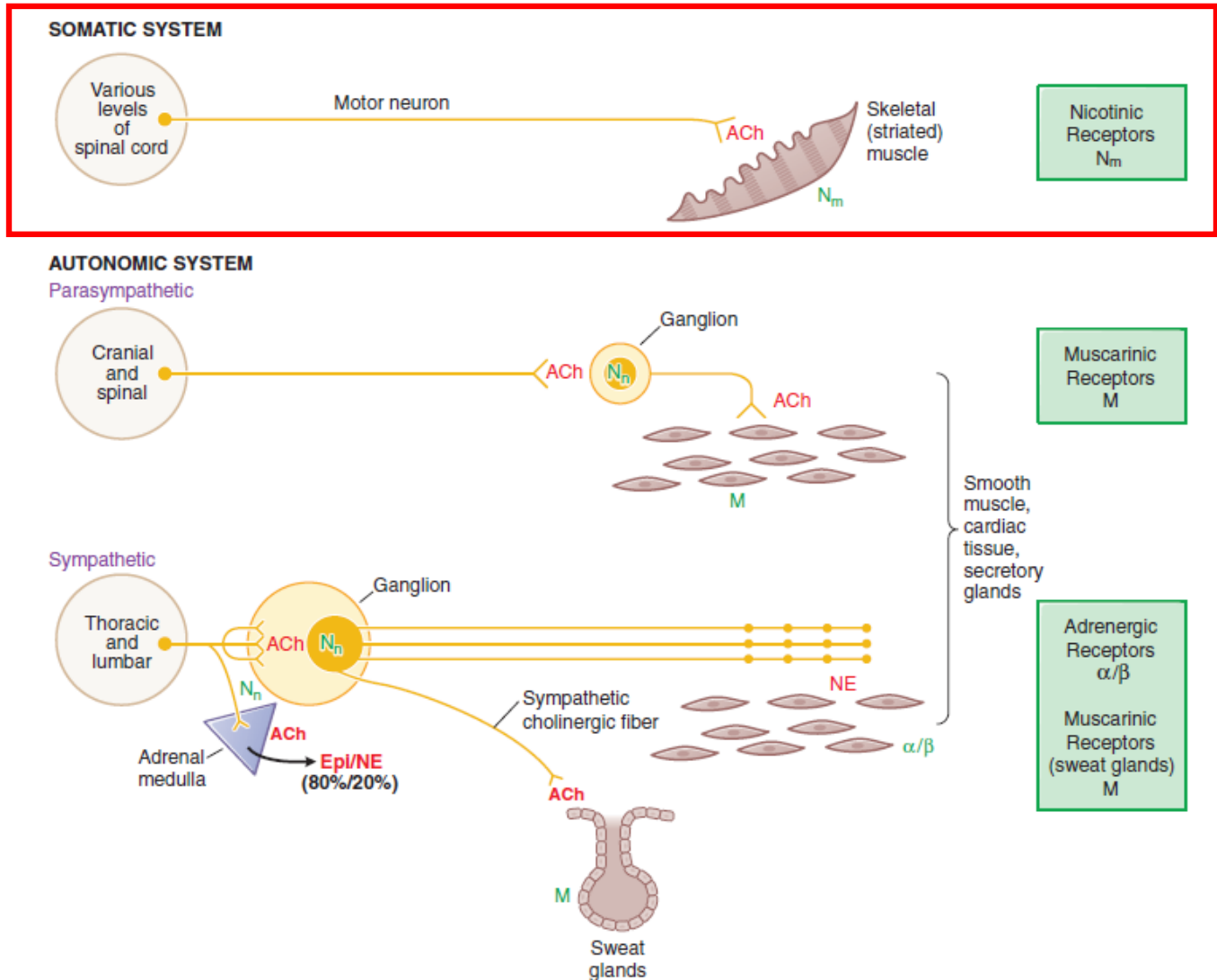
2.link : <https://www.elsevier.com/books/textbook-of-radiology-and-imaging-2-vol-set-ind-reprint/Sutton/978-81-312-2016-0>





**SUPLEMEN FARMAKOLOGI SHM1 MODUL 3**  
**PELEMAS OTOT**  
**Rina Nurbani**

**Comparison of Sympathetic, Parasympathetic, and Motor Nerves Differences**



**Figure 8-2** Comparative features of somatic motor nerves and efferent nerves of the autonomic nervous system. The principal neurotransmitters, ACh and NE, are shown in red. The receptors for these transmitters, nicotinic (N) and muscarinic (M) cholinergic receptors,  $\alpha$  and  $\beta$  adrenergic receptors, are shown in green. Somatic nerves innervate skeletal muscle directly at a specialized synaptic junction, the motor end plate, where ACh activates  $N_m$  receptors. Autonomic nerves innervate smooth muscles, cardiac tissue, and glands. Both parasympathetic and sympathetic systems have ganglia, where ACh is released by the preganglionic fibers; ACh acts on  $N_n$  receptors on the postganglionic nerves. ACh is also the neurotransmitter at cells of the adrenal medulla, where it acts on  $N_n$  receptors to cause release of EPI and NE into the circulation. ACh is the dominant neurotransmitter released by postganglionic parasympathetic nerves and acts on muscarinic receptors. The ganglia in the parasympathetic system are near or within the organ being innervated, with generally a one-to-one relationship between pre- and postganglionic fibers. NE is the principal neurotransmitter of postganglionic sympathetic nerves, acting on  $\alpha$  or  $\beta$  adrenergic receptors. Autonomic nerves form a diffuse pattern with multiple synaptic sites. In the sympathetic system, the ganglia are generally far from the effector cells (e.g., within the sympathetic chain ganglia). Preganglionic sympathetic fibers may make contact with a large number of postganglionic fibers.



## Cholinergic Receptors

**Nicotinic receptors** are ligand-gated ion channels whose activation causes a rapid (millisecond) increase in cellular permeability to Na<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup>, depolarization, and excitation.

**Muscarinic receptors** are GPCRs. They may be either excitatory or inhibitory, and not linked to changes in ion permeability.

### Subtypes of nAChRs.

The nAChRs exist at the skeletal NMJ, autonomic ganglia, adrenal medulla, CNS and in nonneuronal tissues

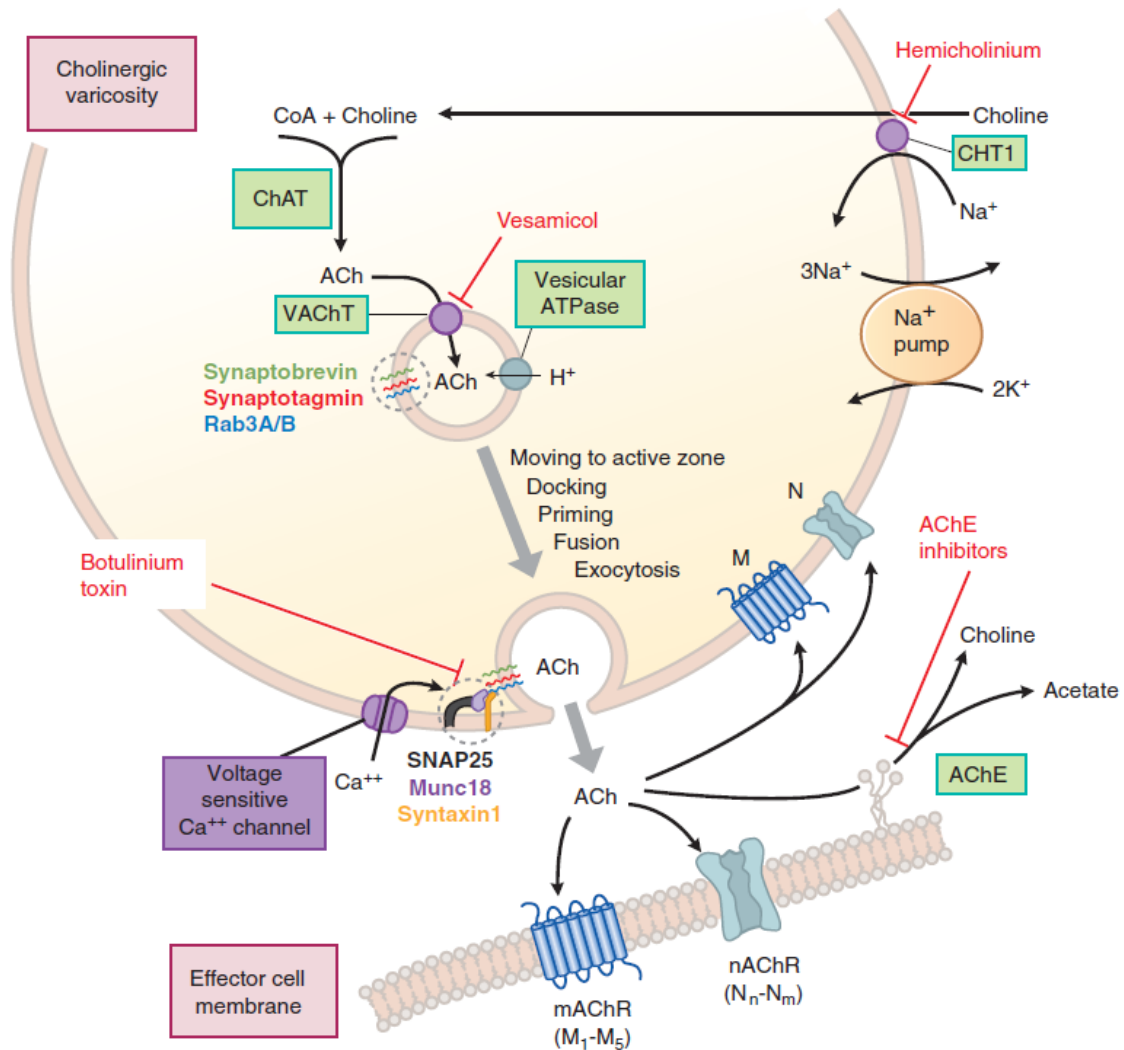
- Muscle type (N<sub>m</sub>), found in the vertebrate skeletal muscle, where they mediate transmission at the NMJ
- Neuronal type (N<sub>n</sub>), found mainly throughout the peripheral nervous system, CNS, and nonneuronal tissues

## Pharmacological Considerations

Each step involved in neurotransmission is a potential point of pharmacological intervention. The diagram of cholinergic terminals and their postjunctional site (Figure 8-6 and 11-4) show its point of intervention. Drugs that affect processes involved in the steps of transmission at cholinergic junction is summarized in Table 8-2 and 8-7.

**TABLE 8-2 ■ CHARACTERISTICS OF SUBTYPES OF NICOTINIC ACETYLCHOLINE RECEPTORS (NACHRS)**

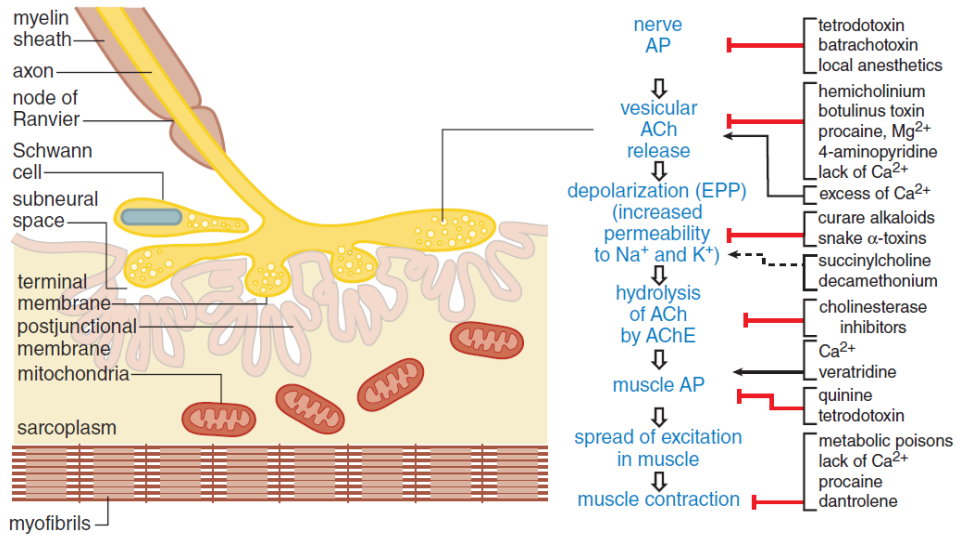
RECEPTOR (Primary Receptor Subtype) <sup>a</sup>	MAIN SYNAPTIC LOCATION	MEMBRANE RESPONSE	MOLECULAR MECHANISM	AGONISTS	ANTAGONISTS
Skeletal Muscle (N <sub>m</sub> ) (α1) <sub>2</sub> β1εδ adult (α1) <sub>2</sub> β1γδ fetal	Skeletal neuromuscular junction (postjunctional)	Excitatory; end-plate depolarization; skeletal muscle contraction	Increased cation permeability (Na <sup>+</sup> ; K <sup>+</sup> )	ACh Nicotine Succinylcholine	Atracurium Vecuronium <i>d</i> -Tubocurarine Pancuronium α-Conotoxin α-Bungarotoxin



**Figure 8-6** A typical cholinergic neuroeffector junction. The synthesis of ACh in the varicosity depends on the uptake of choline via a  $Na^+$ -dependent carrier, CHT1, that hemicholinium can block. The enzyme ChAT catalyzes the synthesis of ACh from choline and the acetyl moiety of acetyl CoA. ACh is transported into the storage vesicle by VACHT, which can be inhibited by vesamicol. ACh is stored in vesicles (along with other potential cotransmitters, such as ATP and VIP, at certain neuroeffector junctions). Release of ACh and any cotransmitters occurs via exocytosis (the stages are itemized along the gray arrow), triggered by  $Ca^{2+}$  entry via a voltage-sensitive  $Ca^{2+}$  channel in response to membrane depolarization, as described in Figures 8-3, 8-4, and 8-5. Exocytotic release of ACh at the NMJ can be blocked by botulinum toxins, the active fragments of which are endopeptidases that cleave synaptobrevin, an essential member of the SNARE proteins that mediate docking/priming/exocytosis. Once released, ACh can interact with the muscarinic receptors (M), which are GPCRs, or nicotinic receptors (N), which are ligand-gated ion channels, to produce the characteristic response of the postsynaptic cell. ACh also can act on presynaptic mAChRs or nAChRs to modify its own release. The action of ACh is terminated by extracellular metabolism to choline and acetate by AChE, which is associated with synaptic membranes.

**TABLE 8-7 ■ REPRESENTATIVE AGENTS ACTING AT PERIPHERAL CHOLINERGIC AND ADRENERGIC NEUROEFFECTOR JUNCTIONS**

MECHANISM OF ACTION	SYSTEM	AGENTS	EFFECT
1. Interference with synthesis of transmitter	Cholinergic	Choline acetyl transferase inhibitors	Minimal depletion of ACh
	Adrenergic	$\alpha$ -Methyltyrosine (inhibition of tyrosine hydroxylase)	Depletion of NE
2. Metabolic transformation by same pathway as precursor of transmitter	Adrenergic	Methyl dopa	Displacement of NE by $\alpha$ -methyl-NE, which is an $\alpha_2$ agonist, similar to clonidine, that reduces sympathetic outflow from CNS
3. Blockade of transport system at nerve terminal membrane	Cholinergic	Hemicholinium	Block of choline uptake with consequent depletion of ACh
	Adrenergic	Cocaine, imipramine	Accumulation of NE at receptors
4. Blockade of transport system of storage vesicle	Cholinergic	Vesamicol	Block of ACh storage
	Adrenergic	Reserpine	Destruction of NE by mitochondrial MAO and depletion from adrenergic terminals
5. Promotion of exocytosis or displacement of transmitter from storage sites	Cholinergic	Latrotoxins	Cholinomimetic followed by anticholinergic
	Adrenergic	Amphetamine, tyramine	Sympathomimetic
6. Prevention of release of transmitter	Cholinergic	Botulinum toxin (BTX, endopeptidase, acts on synaptobrevin)	Anticholinergic (prevents skeletal muscle contraction)
	Adrenergic	Bretylium, guanadrel	Antiadrenergic
7. Mimicry of transmitter at postjunctional sites	Cholinergic		
	Muscarinic <sup>a</sup>	Methacholine, bethanachol	Cholinomimetic
	Nicotinic <sup>b</sup>	Nicotine, epibatidine, cytisine	Cholinomimetic
	Adrenergic		
	$\alpha_1$	Phenylephrine	Selective $\alpha_1$ agonist
	$\alpha_2$	Clonidine	Sympathomimetic (periphery); reduced sympathetic outflow (CNS)
	$\alpha_1, \alpha_2$	Oxymetazoline	Nonselective $\alpha$ adrenomimetic
$\beta_1$	Dobutamine	Selective cardiac stimulation (also activates $\alpha_1$ receptors)	
$\beta_2$	Terbutaline, albuterol, metaproterenol	Selective $\beta_2$ receptor agonist (selective inhibition of smooth muscle contraction)	
$\beta_1, \beta_2$	Isoproterenol	Nonselective $\beta$ agonist	
8. Blockade of postsynaptic receptor	Cholinergic		
	Muscarinic <sup>a</sup>	Atropine	Muscarinic blockade
	Nicotinic ( $N_m$ ) <sup>b</sup>	<i>d</i> -Tubocurarine, atracurium	Neuromuscular blockade
	Nicotinic ( $N_n$ ) <sup>b</sup>	Trimethaphan	Ganglionic blockade



**Figure 11-4** A pharmacologist's view of the motor end plate. The structures of the motor end plate (left side of figure) facilitate the series of physiological events leading from nerve action potential (AP) to skeletal muscle contraction (center column). Pharmacological agents can modify neurotransmission and excitation-contraction coupling at myriad sites (righthand column). ←, enhancement; —, blockade; ←- - - -, depolarization and phase II block.