

**BAHAN KULIAH BIOKIMIA KEDOKTERAN  
PROTEIN DAN KONTRAKTILITAS OTOT**



**Disusun Oleh :**

dr. Nur Nunu Prihantini, M.Si

NIP UKI 091687

Semester Genap 2024/2025

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2025**

## **TUJUAN PEMBELAJARAN UMUM (TIU)**

Mahasiswa mampu mengetahui dan memahami metabolisme protein terkait kontraktilitas otot.

## **TUJUAN PEMBELAJARAN KHUSUS (TIK)**

Mahasiswa mampu mengetahui dan menjelaskan :

Definisi kontraksi otot

- Metabolisme protein pada kontraksi otot
- Mekanisme kontraksi otot
- Metabolisme dalam jaringan otot
- Kendali humoral pada sistem muskuloskeletal

## **Pendahuluan**

### **A. Pengertian Protein**

Protein adalah bagian dari semua sel hidup dan merupakan bagian terbesar tubuh sesudah air. Seperlima bagian tubuh protein, separuhnya ada di dalam otot, seperlima didalam tulang dan tulang rawan, sepersepuluh didalam kulit, dan selebihnya didalam jaringan lain, dan cairan tubuh. Semua enzim, berbagai hormon, pengangkut zat-zat gizi dan darah, matriks intra seluler dan sebagainya adalah protein. Disamping itu asam amino yang membentuk protein bertindak sebagai prekursor sebagian besar koenzim, hormon, asam nukleat, dan molekul-molekul yang essensial untuk kehidupan. Protein lain, yaitu membangun serta memelihara sel-sel dan jaringan tubuh.

Protein yang dibentuk dengan hanya menggunakan satu polipeptida dinamakan sebagai protein monomerik dan yang dibentuk oleh beberapa polipeptida contohnya hemoglobin pula dikenali sebagai protein multimerik. Kebanyakan protein merupakan enzim atau subunit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis, seperti misalnya protein yang membentuk batang dan sendi sitoskeleton. Protein terlibat dalam sistem kekebalan (imun) sebagai antibodi, system protein berperan penting dalam pergerakan baik tingkat organ (misalnya otot rangka, jantung dan usus) maupun ditingkat sel.

Peran protein spesifik misalnya  $Ca^{2+}$  dalam kontraksi otot Biosintesis protein alami sama dengan ekspresi genetik. Kode genetik yang dibawa DNA ditranskripsi menjadi RNA, yang berperan sebagai cetakan bagi translasi yang dilakukan ribosoma. Sampai tahap ini, protein masih “mentah”, hanya tersusun dari asam amino proteinogenik. Melalui mekanisme pascatranslasi, terbentuklah protein yang memiliki fungsi penuh secara biologi.

### **B. Klasifikasi protein berdasarkan fungsi Biologis**

Klasifikasi ini juga tidak sepenuhnya ideal karena satu protein dapat memiliki lebih dari satu fungsi, misalnya myosin selain berfungsi sebagai protein gerak, juga memiliki aktivitas enzim ATPase yang mampu menghidrolisis ATP. Selain itu, beberapa fungsi protein masih belum diketahui secara pasti. Sebagai contoh, sebuah protein tidak dapat disebut enzim jika substratnya belum diketahui secara pasti.

### C. Kontraksi otot

Otot adalah suatu jaringan yang melekat pada tulang dan membentuk tubuh manusia yang dapat berkontraksi. Jika otot tersebut dipotong melintang akan tampak banyak serabut otot yang terdiri dari beribu-ribu anak serabut otot yang disebut dengan nama myofibril. Menurut Stone dan Kroll (1989:18), anak serabut otot tersebut sebenarnya merupakan bangunan yang terdiri dari dua filament protein berupa ikatan rantai actin dan myosin yang jumlahnya cukup banyak. Otot mengubah energi kimia menjadi energi mekanis karena otot adalah transduser .

Kontraksi otot adalah pengaktifan tempat-tempat pembangkit tegangan di dalam sel-sel otot . Kontraksi otot tidak selalu berarti pemendekan otot karena tegangan otot dapat dihasilkan tanpa perubahan panjang otot, seperti ketika memegang sesuatu yang berat dalam posisi yang sama. Penghentian kontraksi otot diikuti oleh relaksasi otot , yang merupakan kembalinya serat otot ke keadaan pembangkit tegangan rendah.

Agar kontraksi terjadi, sel otot harus bergantung pada perubahan aksi dua jenis filamen : filamen tipis dan filamen tebal. Ada 3 jenis otot yang terdapat pada vertebrata :

#### 1. Otot rangka

Kemampuan otot untuk memendek atau menghasilkan ketegangan yang kuat ketika menerima rangsangan, yang memungkinkan terjadinya gerakan tubuh seperti mengangkat beban atau berjalan. Proses ini terjadi akibat adanya interaksi antara filamen aktin dan miosin di dalam serabut otot. Otot rangka tampak bergaris

1. **Sukarela:** Otot rangka dapat dikendalikan secara sadar oleh manusia untuk melakukan gerakan.
2. **Lurik (Bergaris):** Memiliki tampilan bergaris-garis terang dan gelap di bawah mikroskop karena adanya pola organisasi protein miofilamen.
3. **Berinti Banyak (Multinukleat):** Setiap sel otot rangka mengandung banyak inti sel yang terletak di pinggir sel.
4. **Silindris:** Serat otot rangka berbentuk silinder panjang.
5. **Tidak Bercabang:** Serat otot rangka tidak bercabang.
6. **Cepat dan Kuat:** Otot rangka mampu melakukan gerakan yang cepat dan kuat, seperti mengangkat benda.

7. **Cepat Lelah:** Otot rangka akan mudah lelah setelah melakukan aktivitas berat dan memerlukan waktu untuk pulih.

## 2. Otot jantung

Sifatnya adalah :

1. Otonom dan Tidak Sadar (Involunter):

Otot jantung bekerja secara otomatis tanpa perlu diperintah oleh kesadaran atau otak, mirip otot polos.

2. Kerja Berirama dan Terus Menerus:

Otot jantung berkontraksi dan berelaksasi secara terus-menerus dan berirama untuk memompa darah ke seluruh tubuh, dan tidak akan pernah berhenti bekerja atau merasa lelah,.

3. Struktur Lurik Bercabang:

Otot jantung memiliki struktur garis-garis terang dan gelap seperti otot lurik karena susunan filamen aktin dan miosin, namun juga memiliki bentuk serabut yang saling bercabang tidak seperti otot lurik.

### **Inti Sel:**

Setiap sel otot jantung biasanya memiliki satu inti sel yang terletak di bagian tengah sel, tetapi ada juga yang memiliki lebih dari satu inti.

### **Diskus Interkalaris:**

Sel-sel otot jantung terhubung oleh struktur khusus yang disebut diskus interkalaris. Bagian ini mengandung sambungan antar sel (desmosome dan gap junction) yang berfungsi untuk mengikat sel-sel secara erat dan memungkinkan transmisi sinyal listrik dengan cepat, sehingga kontraksi terjadi secara sinkron dan terkoordinasi.

### **Sangat Tahan Lelah:**

Otot jantung sangat tahan terhadap kelelahan karena memiliki banyak mitokondria yang menghasilkan energi (ATP) dalam jumlah besar untuk mendukung fungsi pompa yang berkelanjutan.

### 3. Otot polos

Otot polos terdapat di seluruh tubuh dan memiliki beragam fungsi. Otot polos terdapat di lambung dan usus, yang membantu pencernaan dan penyerapan nutrisi. Otot polos juga terdapat di seluruh sistem kemih, yang berfungsi membuang racun dari tubuh dan menjaga keseimbangan elektrolit. Otot polos terdapat di seluruh arteri dan vena, yang berperan penting dalam pengaturan tekanan darah dan oksigenasi jaringan. Tanpa fungsi-fungsi vital ini, tubuh tidak akan mampu mempertahankan fungsi-fungsinya yang paling mendasar sekalipun. Pada tingkat sel, otot polos berfungsi sebagai otot non-lurik involunter. Otot polos mengandung filamen tebal dan tipis yang tidak tersusun menjadi sarkomer, sehingga menghasilkan pola non-lurik.

#### D. Sistem Penggunaan Energi Otot

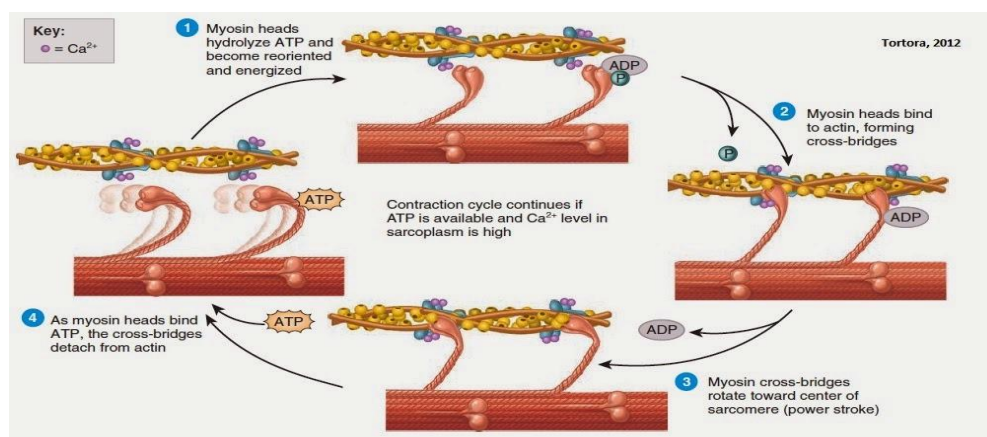
##### Proses Glikolisis

Pada proses ini, peran yang sangat menonjol dalam aktivitas kerja otot adalah tampilnya ATP maupun PC sebagai sumber energi. ATP yang dikenal dengan kepanjangan Adenosine Triphosphate dan PC dengan kepanjangan Phosphocreatine, merupakan sumber energi yang sudah terdapat di dalam otot. Sumber energi ini merupakan suatu ikatan yang sangat penting pada setiap reaksi yang menghasilkan energi guna mendukung suatu aktivitas. Sehingga, sifat aktivitas ototnya "*anaerobic*". ATP dibuat dan disimpan di dalam sel otot yang dikenal dengan nama mitokondria. Menurut Fox (1984:16) mitokondria ini dapat diumpamakan sebuah pabrik tenaga kecil yang memiliki enzim khusus yang dapat mengolah sari makanan dan mengubah energi pada makanan menjadi ATP. Jadi, ATP merupakan suatu zat berenergi tinggi yang digunakan otot untuk kontraksi. Fox berpendapat bahwa ATP ini merupakan energi kimia yang dapat segera digunakan untuk aktivitas otot. Struktur kimia dari ATP digambarkan sebagai molekul yang digunakan untuk kontraksi otot. Jumlah ATP di dalam otot antara individu yang satu dengan individu yang lain tidak sama. Hal ini disebabkan karena tingkat keterampilan setiap orang berbeda. Bagi orang yang terlatih, di dalam sel otot akan diperoleh jumlah "mitokondria" yang lebih banyak daripada orang yang tidak terlatih. Dengan demikian, jumlah ATP orang yang terlatih tentu akan lebih banyak daripada orang yang tidak terlatih. Makin banyak ATP terdapat di dalam otot, maka makin lama pula otot mampu berkontraksi. Menurut Tjaliek Soegiardo (1993:3), makin banyak ATP yang pecah semakin kuat pula otot berkontraksi. Tenaga yang

ditimbulkan oleh pecahnya ATP dapat menyebabkan aktin dan myosin saling mendekat sehingga menyebabkan otot memendek. Di samping energi yang dihasilkan oleh pecahnya ATP, akan diperoleh pula pengeluaran kelenjar serta terjadinya transmisi syaraf dan panas. Oleh karena itu, sering dijumpai bila seseorang melakukan aktivitas olahraga terasa badan menjadi panas dan banyak mengeluarkan keringat. Hal itu menunjukkan suatu gejala yang wajar. Bila intensitas kerja otot cukup tinggi, maka kontraksi otot tidak dapat berlangsung lama. Akibatnya, jumlah ATP di dalam otot akan menjadi berkurang, bahkan bisa jadi akan menjadi habis. Menurut Nossek, J (1982:71) jumlah ATP d

### E. Protein Aktin dan Miosin

Terdapat dua jenis protein kontraktile otot yaitu miosin dan aktin. Filamen tebal terutama tersusun oleh miosin sedangkan filamen tipis terutama oleh aktin. Bagian ekor miosin menuju garis M di tengah sarkomer. Kepala miosin yang membentuk jembatan silang (cross bridge) akan menuju filamen tipis pada saat kontraksi. Bagianbagian batang miosin terletak sejajar, membentuk badan filamen tebal. Tonjolan kepala miosin dari batang filamen tersusun dalam bentuk spiral. Filamen tipis tersusun oleh aktin dan dua jenis protein regulator yaitu tropomiosin dan troponin. Molekul aktin berbentuk ginjal, bergabung membentuk satu rantai filamen aktin, yang berpilin seperti spiral ganda. Pada setiap molekul aktin terdapat tempat pengikat miosin (tempat aktif) dimana akan melekat jembatan silang (kepala miosin). Dalam keadaan relaksasi otot, tropomiosin menutupi tempat pengikat miosin pada aktin sehingga menghambat perlekatan jembatan silang (Gambar 1)



**Gambar 1.** Aktin dan Miosin pada saat kontraksi dan relaksasi

**Miosin :**

Struktur td 2 bag terpolarisasi secara struktural & fungsional

- Tangkai : heliks-a yang panjang, tersusun satu & lain dlm berkas fungsi pendukung
- Kepala : suatu ATPase, alami perubahan konformasi & posisi terhdp aktin
- Sbg suatu ATPase, perlu  $Mg^{2+}$

**Aktin :**

Komponen mikrofilamen. Terdapat dalam bentuk monomer sebagai aktin G (aktin Globuler)

Maupun polimer aktin F filamentosa, Juga suatu ATPase (perlu  $Mg^{2+}$ ). Hidrolisis ATP,energi didpt dipakai untuk polimerisasi serat aktin tmp miosin meluncur.

Filamen tebal terdiri atas myosin. Dalam filamen tebal terdapat kumpulan mosin yang mana ujung jembatan silang

- Setiap molekul miosin mempunyai 2 penyusun saling berpilin membentuk helix
- Pada jembatan silang terdapat 2 kepala dan masing masing kepala terdapat tempat pengikatan aktin dan tempat pengikatan miosin ATP ase
- Bagian yang hijau akan berikatan dengan aktin sedang miosin ATP ase tdk berikatan namun merupakan daerah enzimatik untuk metabolisme ATP.

**F. Kendali Humoral Pada Sistem Muskuloskeletal.**

Kendali humoral dijalankan oleh senyawa spesifik yang terlarut dalam cairan tubuh berupa kendali humoral tidak secara langsung mengendalikan sistem muskuloskeletal; sebaliknya, pengaturan dan fungsi sistem muskuloskeletal yang sehat bergantung pada nutrisi (terutama kalsium dan vitamin D) dan aktivitas fisik. Hormon juga berperan dalam metabolisme tulang, seperti paratiroid hormon dan kalsitonin dalam mengatur kadar kalsium darah, yang kemudian mempengaruhi kepadatan tulang.



## Daftar Pustaka

1. Poedjiadi dan Supriyanti, Dasar-Dasar Biokimia Edisi Revisi, (Jakarta: UI Press, 2009). hal.81
2. Widmaier, Eric P, Raff, Hersel, Strang, Kevi T. (2010). "Muscle" Vander's Human Physiology; The Mechanisms of Body Function. (12<sup>th</sup> ed). New York, Y: Mc Graw-Hill. Pp.250 – 291. ISBN 978-0-321-98122-6
3. Fox, Edward L. 1984. Sports Physiology. USA: CBS College Williams DM, Rubin BK. Farmakologi Klinis Obat Bronkodilator. Respir Care. 2018 Jun; 63 (6):641-654.
4. Stone, William J. dan Kroll, William A. 1989. Sports Conditioning and Weight Training. USA: Wm.C. Brown Publishers.
5. Tjaliek Soegiardo. 1993. "*Energy System*". Seminar Fakultas. Yogyakarta, Februari.