

SISTEM ENERGI PADA AKTIVITAS OTOT

Oleh
Sridadi

Abstrak

Bagi pelatih, pembina olahraga, maupun para atlet, memahami sistem energi pada aktivitas otot bertujuan untuk membantu mengatasi masalah-masalah yang berkaitan dengan proses penggunaan energi. Tujuan akhir dari masalah tersebut agar pencapaian prestasi yang dicapai para atlet dapat lebih optimal.

Energi awal yang digunakan untuk aktivitas otot yang sangat menonjol adalah penggunaan ATP guna memberi tenaga pada actin dan myosin. Proses ini hanya berlangsung 1-2 detik untuk kontraksi otot maksimum. Untuk mempertahankan kontraksi otot selanjutnya, didapat dengan cara pemecahan Phosphocreatine sehingga lama aktivitas otot dapat diperpanjang. Proses tersebut dikenal dengan proses Glycolysis.

Jika kontraksi otot akan dipertahankan, penggunaan energi otot akan memanfaatkan cadangan glycogen yang terdapat di dalam hepar. Walaupun demikian, hal ini juga tidak akan berlangsung lama.

Oksidasi bahan makanan terutama pembakaran karbohidrat, lemak, dan protein akan berlangsung jika cadangan glycogen yang berada di dalam hepar mulai menipis. Sehingga, peranannya mulai beralih dari proses anaerobic ke arah proses oksidasi, dan biasanya akan diikuti dengan penurunan intensitas kontraksi otot. Keuntungan yang didapat dengan cara oksidasi bahan makanan ini adalah lamanya aktivitas otot akan menjadi bertambah, produksi ATP menjadi 13 kali lebih banyak dibandingkan dengan proses anaerob.

Pendahuluan

Sering kita menjumpai banyak orang melakukan kegiatan olahraga, baik di jalan-jalan maupun di tanah lapang. Namun, tidak mengetahui sebenarnya apa yang menyebabkan otot dapat bekerja. Yang dalam istilah fisiologis berkontraksi. Selama melakukan aktivitas olahraga, otot jelas memerlukan energi. Sedangkan energi yang digunakan dapat diambilkan dari beberapa sumber energi yang ada.

Pemahaman mengenai sistem energi sangat penting bagi setiap orang agar dalam melakukan latihan olahraga dapat mencapai hasil yang optimal. Memahami sistem energi otot memang perlu agar dapat membantu para pelatih, pembina olahraga, guru olahraga dan para atlet dalam mencapai sasaran latihan. Jika pemberian beban latihan terhadap sistem energi tersebut keliru, maka akibat yang muncul pun tidak seperti yang diharapkan. Melatih seorang sprinter sangat berbeda dengan melatih maratoner. Sehingga, sering dijumpai keluhan-keluhan para pelatih, pembina olahraga atau dari atlet itu sendiri yang terkadang merasa frustrasi karena latihan yang dilakukan bertahun-tahun ternyata hasilnya tidak memuaskan. Kemajuan yang dicapai tidak seperti yang diharapkan.

Dari latar belakang masalah tersebut, beberapa hal yang ingin dibahas adalah: Mengapa otot dapat bergerak, apa yang dapat menyebabkan otot bergerak, bagaimana proses terjadinya otot bergerak, dan energi apa yang mendukung proses tersebut.

Proses Terjadinya Kontraksi Otot

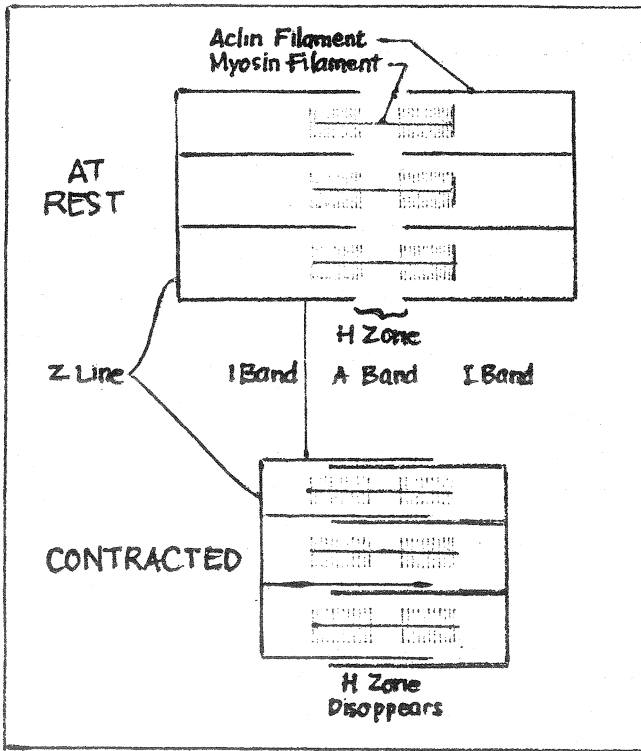
Otot adalah suatu jaringan yang melekat pada tulang dan membentuk tubuh manusia yang dapat berkontraksi. Jika otot tersebut dipotong melintang akan tampak banyak serabut otot yang terdiri dari beribu-ribu anak serabut otot yang disebut dengan nama *myofibril*.

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. Bila diberi tenaga, rantai aktin dan myosin tersebut akan saling mendekat sehingga ikatan aktin dan myosin yang semula berjauhan berkehendak untuk saling mendekat. Akibatnya, anak serabut otot/myofibrill juga berkehendak untuk memendek.

Karena anak serabut otot merupakan bagian dari serabut otot, maka akan mempengaruhi serabut otot sehingga keseluruhan otot akan mengkerut/ memendek/berkontraksi. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa awal mula terjadinya kontraksi otot adalah akibat dari proses saling mendekat dari aktin dan myosin yang diberi tenaga.

Sekarang timbulah pertanyaan, tenaga apa yang dapat menyebabkan otot berkontraksi. Gambar di bawah ini menunjukkan prosterjadinya kontraksi otot.

Gambar 1



Fox dan Mathews, 1981:90.

Aerob dan Anaerob

Sering kita mendengar istilah "Aerob" atau "Anaerob", "Aerobic" atau "Anaerobic". *Aerob* di sini dapat diartikan udara/oksigen, sedangkan *Anaerob* berarti tanpa udara/oksigen. *Aerobic* mengandung makna aktivitas olahraga yang dilaksanakan dalam waktu yang relatif lama dengan menggunakan udara/oksigen sebagai sumber energi untuk pembakaran. Khususnya pembakaran karbohidrat dan lemak.

Contohnya, bersepeda, marathon, cross country, fartlek, dll. Sedangkan *Anaerobic* adalah aktivitas olahraga tanpa menggunakan oksigen. Biasanya jenis olahraga ini bersifat eksplosif, cepat, aktivitasnya maksimum, dan dilaksanakan dalam waktu yang relatif singkat. Contoh, "sprint" jarak pendek.

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.

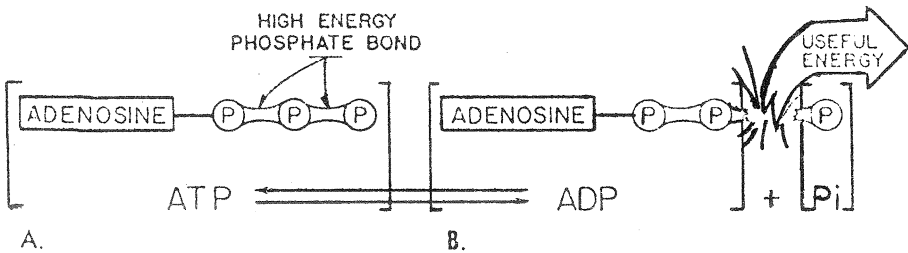
Fox berpendapat bahwa ATP ini merupakan energi kimia yang dapat segera digunakan untuk aktivitas otot. Struktur kimia dari ATP digambarkan sebagai molekul yang terdiri dari satu molekul Adenosine dan tiga rangkaian Phosphate yang saling berkaitan satu sama lain. Apabila terdapat rangsang, ATP tersebut pecah sehingga menghasilkan energi yang dapat langsung digunakan untuk kontraksi otot (1984: 11).

Secara skematis proses tersebut dapat digambarkan sbb:



Sedangkan struktur pecahnya ATP dapat digambarkan sbb:

Gambar 2.



Fox dan Mathews, 1981:13).

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 di

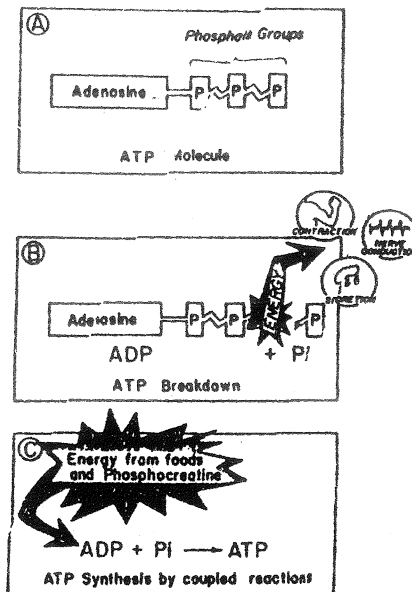
dalam otot biasanya akan habis digunakan setelah 2-4 kali kontraksi terus menerus. Demikian juga pendapat Janssen (1993:12) maupun Rushall dan Pyke (1992:15) yang menyatakan jumlah ATP yang tersedia hanya cukup digunakan untuk 1-2 detik aktivitas maksimum. Dengan demikian, perlu kiranya energi tersebut dipasok dari sumber yang lain.

Sumber lain tersebut berasal dari sistem bantuan d dalam otot yang secara konstan membentuk ATP kembali dari ADP yang sudah ada sehingga jumlah ATP tetap cukup bagi otot untuk melanjutkan aktivitas. Bantuan tersebut berasal dari Phosphocreatine (PC). **Phosphocreatine** adalah energi kimia yang dapat dengan sangat cepat mengubah kembali ADP menjadi ATP. Namun demikian, jumlah PC ini juga terbatas. Menurut Janssen (1993:13), PC ini hanya dapat digunakan lebih kurang 6-8 detik saja. Secara skematis prosesnya sbb:



Gambar di bawah ini menunjukkan proses pecahnya ATP sampai pembentukan kembali ATP melalui PC dan bahan makanan lain.

Gambar 3.



Proses Glikolisis Anaerobic

Karena *Phosphocreatine* di dalam otot jumlahnya sangat terbatas, namun energi ini merupakan sumber yang tercepat untuk pembentukan ATP kembali. Jika pada akhirnya cadangan PC tersebut habis karena kontraksi otot yang terus menerus, maka pembentukan ATP dapat dilaksanakan dengan cara yang lain. Cara tersebut diperoleh dari pemecahan glukosa dengan tanpa bantuan oksigen yang lebih dikenal dengan proses anaerobic glycolysis.

Selama proses tersebut, glukogen akan diubah agar menghasilkan energi yang dapat memenuhi persediaan ATP. Menurut Nossek, J (1982:71), persediaan glycogen dapat diubah melalui dua cara, tanpa oksigen dan menggunakan oksigen. Proses pertama dikenal dengan proses glycolysis, sedangkan proses kedua disebut dengan proses oksidasi. Lebih lanjut dijelaskan bahwa hasil akhir dari proses glycolysis adalah asam laktat. Sedangkan hasil akhir dari proses oksidasi adalah karbon dioksida dan air yang dikeluarkan oleh tubuh melalui perantaraan paru-paru, ginjal, dan kulit.

Proses Oksidasi

Tingginya konsentrasi asam laktat karena proses glycolysis dapat mengakibatkan menurunnya kontraksi otot. Hal ini disebabkan karena kebutuhan oksigen di dalam otot tidak dapat terpenuhi. Menurut Tjaliek S. (1993:3), bila asam laktat yang timbul terlalu banyak, maka asam laktat tersebut dapat merupakan racun bagi otot. Sehingga, akibat yang diperoleh adalah timbulnya rasa lelah, rasa sakit, nyeri dada, dll. Pengaruh yang lain adalah, racun tersebut akan memblokir rangsang sehingga berakibat kekuatan kontraksi otot menjadi berkurang. Itulah sebabnya apabila ada pelari marathon yang berusaha menambah kecepatan lari menjadi dua kali kecepatan lari yang dilakukan biasanya, maka pelari marathon tersebut tak lama kemudian akan berhenti atau bahkan akan roboh karena hutang oksigen. Hal ini disebabkan karena konsentrasi asam laktat di dalam otot cukup tinggi.

Pada proses yang ketiga ini dijelaskan bahwa setelah penggunaan glycogen tanpa bantuan oksigen habis, maka untuk melanjutkan aktivitas selanjutnya adalah menggunakan

bantuan oksigen untuk proses pembakaran makanan. Membakar berarti melakukan oksidasi terhadap bahan makanan terutama karbohidrat dan lemak. Menurut Janssen (1993:14), simpanan karbohidrat jumlahnya terbatas. Sedangkan simpanan lemak praktis tidak terbatas.

Bagi mereka yang terlatih, jumlah karbohidrat yang berkisar antara 700-800 gram dapat digunakan untuk melakukan aktivitas otot 60-90 menit. Jika selama itu karbohidrat tidak diisi kembali, kadar glycogen semakin lama akan menjadi semakin menurun. Apabila pada saatnya cadangan glycogen habis, sedikit demi sedikit peran utamanya diambil alih dengan oksidasi lemak dan protein. Sebagai akibat dari pergeseran ini adalah dengan menurunnya kecepatan atau intensitas kerja.

Secara skematis proses pembakaran lemak disajikan sbb:

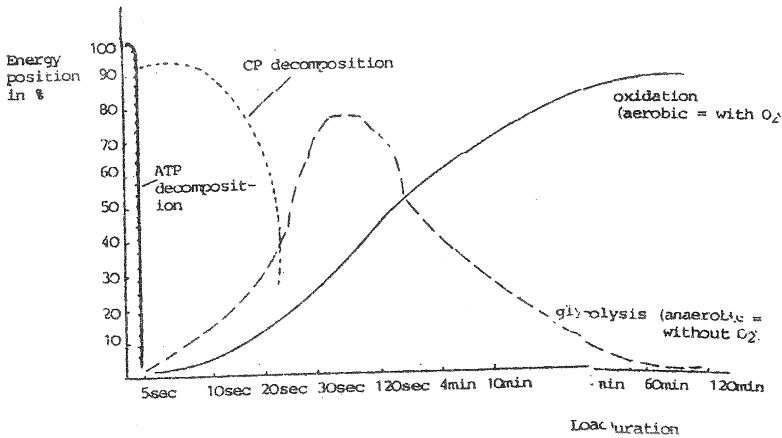
Lemak + Oksigen + ADP ---> Karbondioksida + **ATP** + Air

Menurut Janssen (1993:12) zat yang terbentuk dari proses pembakaran bahan makanan ini bersama dengan zat-zat bergizi lainnya akan dimasukkan dan disimpan di dalam otot untuk digunakan saat diperlukan.

Dari proses yang ketiga ini ternyata memiliki keuntungan yang besar karena proses aktivitas kerja otot akan menjadi bertahan cukup lama daripada proses pertama dan kedua. Dalam hal ini Nossek, J berpendapat bahwa apabila jumlah glycogennya sama, diubah dengan cara aerobic, maka bertambahnya ATP akan menjadi 13 kali lebih banyak daripada proses anaerobic (1982:71). Hal ini berarti bahwa dengan cara oksidasi bahan makanan penyediaan energi akan lebih ekonomis. Tentu saja otot akan dapat berkontraksi lebih lama.

Grafik berikut ini menunjukkan proses biokimia di dalam otot tentang fase penggunaan energi yang tergantung pada lamanya aktivitas/kerja.

Grafik 1.



Nosseck, J., 1982:72.

Pada fase pertama menunjukkan bahwa ATP digunakan pada awal terjadinya kontraksi otot. Karena jumlah ATP menurun, maka untuk mempertahankan kontraksi otot menggunakan cadangan PC untuk meresintesa ATP. Pada fase selanjutnya, setelah aktivitas dilanjutkan sehingga cadangan PC habis, maka energi pembentukan ATP diperoleh melalui proses anaerobic glycolysis yang menggunakan cadangan glikogen. Aktivitas selanjutnya akan menggunakan oksigen sebagai sumber energi untuk pembakaran bahan makanan.

Kesimpulan

Awal mula terjadinya kontraksi otot adalah sebagai akibat dari proses saling mendekatnya aktin dan myosin yang memperoleh tenaga. Tenaga tersebut berasal dari ATP, yang sebenarnya disimpan dan diproduksi oleh otot itu sendiri atas bantuan mitokondria.

Setelah 3-4 kali kontraksi awal, ATP tersebut akan habis, dan perlu segera direproduksi dengan bantuan Phosphocreatine agar aktivitas otot dapat dipertahankan sampai 8-10 detik. Jika kontraksi otot ingin dilanjutkan lebih lama, peranan ATP-PC ini sedikit demi sedikit akan beralih pada penggunaan glycogen otot yang diambilkan dari cadangan glycogen yang berada di hepar.

Hasil akhir dari proses ATP-PC adalah tingginya konsentrasi asam laktat di dalam otot. Jika tidak segera dioksidasi, maka kandungan asam laktat tersebut dapat mengganggu proses metabolisme di dalam otot sehingga dapat menyebabkan racun bagi otot. Oksidasi bahan makanan terutama karbohidrat, lemak, dan protein merupakan alternatif pemecahan untuk memproduksi ATP sehingga aktivitas otot dapat bertahan lama.

Beberapa keuntungan dari proses oksidasi bahan makanan:

- a. Hasil proses oksidasi dapat menyebabkan produksi ATP menjadi berlipat ganda sehingga mencapai 13 kali lipat jika dibandingkan dengan proses anaerob.
- b. Tenaga yang ditimbulkan dari proses oksidasi dapat digunakan dalam waktu yang relatif lama, jika intensitas kerja otot tidak maksimum.
- c. Sumber energi yang dihasilkan dari proses oksidasi bahan makanan dapat dikontrol langsung oleh manusianya sehingga penekanan dapat diarahkan antara pengaturan waktu latihan, waktu istirahat, dan masukan makanan atlet (gizi).

Daftar Pustaka

- Fox, Edward L. 1984. *Sports Physiology*. USA: CBS College Publishing.
- Janssen, Peter G.J.M. 1993. *Latihan Laktat Denyut Nadi*. Jakarta: Pustaka Utama Grafiti.
- Nosseck, Josef. 1982. *General Theory of Training*. Lagos: Pan African Press Ltd.
- Rushall, Brent S. dan Pyke, Frank S. 1992. *Training for Sports and Fitness*. South Melbourne: The Macmillan Company of Australia PTY LTD.

- Stone, William J. dan Kroll, William A. 1989. *Sports Conditioning and Weight Training*. USA: Wm.C. Brown Publishers.
- Tjaliek Soegiardo. 1993. "Energy System". Seminar Fakultas. Yogyakarta, Februari.

