

ISBN 979 - 99598 - 2 - 9



PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL KE 1
IKATAN SARJANA OLAHRAGA INDONESIA (ISORI)
YOGYAKARTA

TEMA:

"Pembangunan Olahraga Nasional Dalam Upaya Peningkatan
Sumber Daya Insani yang Sehat, Bugar dan Berprestasi"

7 Mei 2005
Sidang Utama Rektorat
Universitas Negeri Yogyakarta

KERJASAMA

Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta
Dengan Ikatan Sarjana Olahraga Indonesia (ISORI) Yogyakarta

Pengaruh Stres Fisik Kronis Terhadap "Power House" dan "Depo" Glikogen Pada Otot Skelet

Oleh: Erwin Setyo Kriswanto
FIK Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh Stres Fisik Kronis Terhadap "Power House" dan "Depo" Glikogen. Stres fisik kronis yang dimaksud adalah suatu aktivitas fisik (latihan) dengan beban tertentu sebagai stressor dan aktivitas tersebut berlangsung dalam waktu lama. Aktivitas fisik yang berlebihan serta dilakukan secara teratur, terarah, terprogram dan berlangsung lama atau kronis, akan mempengaruhi fungsi organ dan jaringan tubuh yang ada.

Aktivitas fisik membutuhkan energi, tempat untuk pembuatan energi (*power House*) adalah di mitokondria. Latihan yang berat menggunakan energi ATP, sedangkan glikogen dapat digunakan untuk latihan dengan beban sedang serta berat, dan lemak digunakan untuk aktivitas yang ringan. Sumber energi yang penting berikutnya untuk menyusun kembali kreatin fosfat dan ATP adalah glikogen yang disimpan dalam sel otot. Lebih dari 80% cadangan glikogen di dalam otot akan terkuras selama aktivitas fisik berat dan lama. Adaptasi dalam sel otot setelah latihan adalah adanya peningkatan jumlah mitokondria, dan adanya peningkatan aktivitas atau konsentrasi enzim yang terlibat dalam siklus kreb's dan sistem transport elektron (Fox and Bowers, 1993).

Dikarenakan pengaruh stress fisik kronis maka akan dapat mempengaruhi mitokondria dan glikogen di dalam otot sehingga dapat meningkatkan jumlah mitokondria maupun resintesis simpanan glikogen. Replikasi mitokondria dipengaruhi oleh kebutuhan terhadap penyediaan energi, pada fase pemulihan akan terjadi peningkatan aktifitas di dalam mitokondria untuk mengembalikan penyediaan ATP. Pemulihan kembali glikogen sebagai sumber energi di otot maupun sel hati sesudah melakukan aktivitas fisik sangat dipengaruhi kesiapan enzim maupun mediator yang ada di dalam sitosol.

Kata Kunci: Stres Fisik Kronis, *Power House*, Glikogen, Otot

PENDAHULUAN

Kegiatan fisik yang dilakukan sehari-hari merupakan stressor yang dapat mempengaruhi homeostasis di dalam tubuh. Kegiatan fisik tersebut, sangat erat hubungannya dengan aktifitas otot skelet atau kontraksi otot skelet pada tubuh. Stres fisik kronis yang dimaksud adalah suatu aktivitas fisik (latihan) dengan beban tertentu sebagai

stressor dan aktivitas tersebut berlangsung dalam waktu lama. Aktivitas otot yang berlebihan serta dilakukan secara teratur, terarah, terprogram dan berlangsung lama atau kronis, akan mempengaruhi fungsi organ dan jaringan tubuh yang ada. Latihan fisik yang dilakukan dalam waktu yang lama dan terprogram disebut training.

Aktivitas fisik membutuhkan energi. Tempat untuk pembuatan energi adalah di mitokondria. Latihan yang berat menggunakan energi ATP, sedangkan glikogen dapat digunakan untuk latihan dengan beban sedang serta berat, dan lemak digunakan untuk aktivitas yang ringan. Lebih dari 80% cadangan glikogen di dalam otot akan terkuras selama aktivitas fisik berat dan lama.

PEMBAHASAN

1. Stres Fisik Beban Berat dan Kronis

Stres fisik dengan beban berat akan menyebabkan perubahan di dalam otot antara lain: a) peningkatan kapasitas sistem phospagen (ATP-PC), dan b). peningkatan sistem aerobik di dalam mitokondria. Untuk melakukan kontraksi atau kerja otot membutuhkan energi yang berbentuk *Adenosine triphosphate* (ATP). Adapun ATP tersebut dapat disediakan dengan tiga cara yaitu : 1). Dengan sistem ATP-PC (*Phospagen System*), 2). Sistem glikolisis anaerobik (*Lactid Acid System*), dan 3). sistem glikolisis Aerobik.

Dosis latihan merupakan beban fisik yang dapat diterima oleh sistem neuromuskuler yang diteruskan keseluruh tubuh (Dick, 1992). Latihan fisik tubuh dapat digunakan sebagai bentuk "stress" fisiologik yang dapat menimbulkan perubahan aktivitas fisiologik (Shangold, 1983. Heyward, 1984). Oleh sebab itu di dalam tubuh akan terjadi perubahan kualitas mekanisme homeostasis atau keseimbangan yang terjadi tidak

nya pada waktu istirahat, tetapi juga mempunyai kemampuan homeostasis dinamik antar sistem tubuh selama adanya peningkatan aktivitas fisik atau adaptasi fisiologik (Lamb,1984; Arnheim,1985; Glassford,1990 dalam Setyawan,1995).

Dalam pemberian beban latihan atau dosis latihan ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain: 1). Intensitas latihan yang diberikan, 2). Frekuensi latihan, 3). Durasi latihan, dan 4). Jenis latihan (*tipe of method*). Disamping hal tersebut, dalam latihan juga harus mempertimbangkan adanya prinsip-prinsip latihan seperti; prinsip individual, progresif, overload, dan prinsip latihan yang lainnya. Dengan memperhatikan prinsip pembebanan dan prinsip latihan maka tubuh akan dapat beradaptasi dengan baik.

Beban stres fisik "berat" akan lebih cepat memberikan *respons* adaptasi, tetapi pencapaian adaptasi lebih rendah, sedangkan beban latihan fisik "sedang" menunjukkan *respons* adaptasi yang lebih lamban (Setyawan,1995). Untuk itu tolok ukur dosis dan *respons* tubuh yang tepat masih perlu dicari untuk menghindari kerusakan *respons* adaptasi tubuh maupun sistem organ tubuh (Heyward,1984; Pike,1991, Rushall,1992 dalam Setyawan,1995).

2. Sistem Penyediaan Energi

Energi mempunyai pengertian sebagai kemampuan untuk melakukan kerja, sedangkan kerja dapat diartikan dengan daya yang dilakukan pada jarak tertentu (Ceretelli,1991). Untuk melakukan kontraksi atau kerja otot membutuhkan energi yang berbentuk *Adenosine triphosphate* (ATP). ATP yang terbentuk dalam sel otot kemudian diangkut ke setiap bagian sel yang membutuhkan. Adapun ATP tersebut dapat disediakan

dengan tiga cara yaitu : 1). Dengan sistem ATP-PC (*Phospagen System*), 2). Sistem glikolisis anaerobik (*Lactid Acid System*), dan sistem Aerobik (*Aerobic system*).

2.1. Sistem ATP-PC (*Phospagen System*)

Di dalam otot ATP yang tersedia jumlahnya sangat terbatas. Apabila otot berkontraksi dengan cepat dan kuat maka diperlukan ATP yang jumlahnya relatif banyak. ATP-PC yang terdapat di otot hanya cukup untuk penyajian energi selama 5 –10 detik (Fox,1993). Untuk dapat melakukan aktivitas perlu adanya pembentukan ATP yang baru dengan cepat. Adapun senyawa yang dipergunakan adalah PC (*Phosphocreatine*), yang terdapat dalam otot. PC ini jumlahnya sangat sedikit, tetapi PC merupakan cadangan energi tingkat tinggi yang tercepat untuk pembentukan ATP kembali. Reaksi pemecahan ATP dan PC berlangsung sangat cepat, segera setelah ATP digunakan, PC langsung dipecah dan menghasilkan energi untuk resintesa ATP yang telah digunakan (Fox,1993). Untuk meningkatkan kualitas sistem ATP-PC tersebut diperlukan latihan yang cepat dan berat (Soekarman, 1991). Sistem ATP-PC ini merupakan sistem penyediaan energi yang paling cepat dan banyak digunakan pada cabang olahraga yang memerlukan kecepatan (Fox, 1993). Schumacker P, (1999). menyatakan bahwa *creatine phosphate* akan mengalami penurunan pada saat awal latihan; karena sistem *creatine phosphate* digunakan untuk menopang kadar ATP dari percepatan respirasi mitokondria.

Cepatnya proses penyediaan energi melalui sistem phospagen ini disebabkan karena : 1) Tidak melalui proses reaksi kimia yang panjang, 2) Tidak membutuhkan oksigen, 3) ATP-PC tertimbun di dalam otot (Soekarman,1991).

2.2. Sistem Glikolisis Anaerobik

Setelah melakukan latihan yang berat maka cadangan ATP-PC akan berkurang, karena aktivitas tersebut, maka berikutnya adalah dengan melakukan pemecahan glikogen menjadi glukosa. Dalam proses ini lazim disebut dengan sistem glikolisis anaerobik (*Lactid acid system*). Glikolisis anaerobik dapat diartikan sebagai pemecahan glikogen yang tersimpan di dalam sel otot untuk memperoleh energi yang akan digunakan untuk meresintesa ATP. Pembentukan energi ini lebih lambat, menurut Bompa (1994) karena proses ini membutuhkan 12 macam reaksi kimia berurutan.

Glikolisis anaerobik memiliki ciri-ciri sebagai berikut : 1). Menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan, 2). Tidak membutuhkan oksigen, 3). Hanya menggunakan karbohidrat, dan, 4).menghasilkan energi untuk meresintesa ATP (Fox, 1993). Dalam proses glikolisis anaerobik dari 1 mol glukosa tanpa oksigen akan terbentuk 3 ATP.

Asam laktat hasil glikolisis anaerobik, pada waktu *recovery* / istirahat akan ditransfer ke otot-otot tubuh yang kurang aktif dan ke hati untuk diubah menjadi asam piruvat (Fox, 1993). Proses selanjutnya asam piruvat diubah menjadi glukosa kemudian masuk kedalam aliran darah untuk dikirim ke otot-otot yang aktif, dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk aktivitas aerobik.

2.3 . Sistem Aerobik (*Aerobic System*)

Sistem aerobik adalah suatu sitem penyediaan ATP yang berasal dari metabolisme aerobik. Sistem aerobik meliputi oksidasi karbohidrat, oksidasi lemak, dan oksidasi protein yang berlangsung di mitokondria melalui serangkaian proses glikolisis

aerobik. Sistem aerobik dapat digunakan untuk menyediakan ATP bila oksigen dalam otot mencukupi dan kerja otot tidak berlangsung cepat dan bertahan lama. Sistem aerobik ini terjadi dalam mitokondria. Proses penyediaan energi sistem ini merupakan suatu proses rangkaian yang panjang dan sangat kompleks, sehingga sistem ini dapat digunakan untuk melakukan aktivitas dalam waktu yang cukup lama.

Terjadinya rangkaian reaksi kimia yang sangat panjang dan kompleks di dalam mitokondria disebabkan karena mitokondria mempunyai sistem membran yang khas yang disebut dengan *crista* yang mengandung hampir semua enzim yang diperlukan dalam metabolisme secara aerobik (Bowers, 1992).

Untuk olahraga ketahanan yang tidak memerlukan gerakan yang cepat, pembentukan ATP terjadi dengan metabolisme aerobik. Reaksi aerobik dapat dibagi menjadi : (1) Glikolisis aerobik, (2) Siklus Krebs, (3) Sistem transportasi elektron (Soekarman, 1991). Adapun 3 reaksi aerobik dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.4 Sistem glikolisis aerobik.

Pada tahap reaksinya sistem glikolisis aerobik sama dengan glikolisis anaerobik, hanya saja pada glikolisis asam piruvat tidak masuk ke dalam mitokondria melainkan membentuk asam laktat di sitoplasma. Sedangkan bila oksigen mencukupi, sebagian asam piruvat akan masuk ke dalam mitokondria melalui sistem enzim yang kompleks dan mengalami serangkaian reaksi kimia yang dikenal dengan siklus kreb (Lamb, 1984; Fox, 1993).

Asam piruvat sebagai hasil akhir glikolisis anaerobik diarahkan ke alur aerobik bila oksigen mencukupi. Asam laktat yang terbentuk melalui glikolisis anaerobik

sebenarnya merupakan sumber energi yang tersimpan. Segera setelah oksigen mencukupi, hidrogen yang terikat pada asam laktat diambil oleh NAD dan dimasukkan ke dalam sistem transportasi elektron. Pada tahap ini pembentukan ATP, juga terjadi dua perubahan kimia yang terpenting yaitu terbentuknya CO_2 dan terjadi oksidasi yang membebaskan elektron. Setelah CO_2 terlepas, asam piruvat sebagai hasil akhir glikolisis aerobik masuk ke mitokondria untuk bersenyawa dengan koenzim A sehingga terbentuknya senyawa asetil koenzim A. Selanjutnya asetil koenzim A bersenyawa dengan asam oksaloasetat membentuk asam sitrat dan kemudian asam sitrat ini masuk ke siklus Krebs (Wilmore dan Costill, 1994).

2.5 Siklus Krebs (*Krebs's cycle*)

Dalam siklus Krebs atau siklus asam trikarbositat (siklus asam sitrat) terjadi dua perubahan kimia yaitu terbentuk CO_2 dan terjadi oksidasi atau terbebasnya elektron-elektron (Mc Ardle, 1986). Ditinjau dari proses produksi ATP, fungsi utama siklus ini adalah menghasilkan electron dan selanjutnya diikat oleh NAD dan FAD.

2.6 Sistem transport elektron

Sistem transport elektron ini disebut juga sistem rantai angkut elektron pernapasan (*respiratory chain*). Rangkaian reaksi yang terjadi sangat kompleks akan dikenal sebagai fosforilasi oksidasi (Mayes, 1985). Pengaliran elektron melalui sistem ini akan membebaskan energi guna fosforilasi ADP menjadi ATP pada titik yang berbeda, dan pada akhir rantai system ini setiap pasang elektron akan bergabung dengan kedua proton (H^+) dan O_2 membentuk molekul air (H_2O). NADH_2 masuk ke titik pertama

dan menghasilkan NAD dan 3 molekul ATP (McArdle,1986). Sedangkan FADH akan masuk ke titik kedua menghasilkan FAD dan 2 molekul ATP.

Pada metabolisme karbohidrat atau kelanjutan dari pemecahan glikogen pada tahap ini terbentuk H_2O yang dihasilkan dari persenyawaan H^+ yang terjadi dalam siklus Krebs serta O_2 yang kita hirup. Sewaktu terjadi transportasi elektron dalam rantai pernapasan sejumlah energi dilepaskan. Jadi 3 mol ATP diperoleh sebagai hasil glikolisis dalam sitoplasma dan 36 molekul ATP didapat dari hasil oksidasi aerobik dalam mitokondria, sehingga hasil akhir sistem aerobik secara keseluruhan sebanyak 39 ATP apabila bahannya dari glikogen.

Sumber energi cadangan utama yang tersedia untuk pengisian ATP yang digunakan selama latihan untuk kontraksi otot beberapa macam, yaitu : Pemecahan *creatine phosphate* (CP) secara anaerobik, Pemecahan glikogen atau glukosa secara anaerobik, Pemecahan glukogen atau glukosa secara aerobik, Pemecahan lemak secara aerobik (Lamb,1984)

3. Hubungan Latihan Fisik Terhadap Jumlah Mitokondria dan Glikogen Otot

Perubahan yang terjadi pada jaringan merupakan salah satu perubahan yang diakibatkan oleh stres fisik dengan beban ringan maupun stres fisik dengan beban berat (Fox, 1993). Perubahan akibat stres fisik dengan beban ringan yang terjadi dalam sel otot diantaranya adalah: jumlah kapiler otot meningkat, jumlah dan ukuran (fungsi) mitokondria meningkat, meningkatkan aktivitas enzim-enzim oksidatif, sedangkan perubahan akibat stres fisik dengan beban berat dan kronis antara lain : terjadi adaptasi dalam sistem energi ATP-PC, adaptasi terhadap sistem glikolisis, dan meningkatnya kapasitas toleransi asam laktat (wilmore and Costile,1994). Seekor tikus setelah diberi

latihan selama 28 minggu dengan frekuensi 5 kali/minggu terjadi peningkatan 120% jumlah mitokondria di otot Gastrocnemius (Fox and Bowers, 1993).

Disamping itu program stres fisik dengan beban ringan juga menyebabkan peningkatan massa mitokondria, VO_2max pada mitokondria dan jumlah mitokondria (Lamb, 1984). $VO_2 max$ dapat meningkat melalui stres fisik dengan beban ringan atau latihan *intermitten* intensitas tinggi, berkaitan dengan itu ditemukan bahwa terdapat perbedaan *mtDNA variant* yang berhubungan dengan VO_2max pada seorang terlatih dan tidak terlatih. Ini berarti variasi deretan mitokondria dapat mendukung perbedaan VO_2max karena latihan (Dionne FT, et al, 1991)

Terdapat perbedaan pengaruh stres fisik dengan beban ringan dan stres fisik dengan beban berat terhadap proses glikolisis di dalam mitokondria (Jeukendrup, 1998). Stres fisik dengan beban berat dan kronis (intensitas tinggi) menyebabkan proses lipolisis dan oksidasi asam lemak mengalami penurunan, sedangkan pada stres fisik dengan beban ringan terjadi peningkatan proses lipolisis dan oksidasi lemak. Tetapi pada akhir program latihan baik pada stres fisik dengan beban ringan maupun stres fisik dengan beban berat terjadi peningkatan suplai asam lemak ke dalam mitokondria, peningkatan enzim oksidatif, dan peningkatan jumlah mitokondria (Jeukendrup, 1998). Jadi stres fisik dengan beban berat dan kronis bila ditinjau dari predominan energi menggunakan ATP-PC dan akan menyebabkan terjadinya adaptasi dalam sistem ATP-PC dan adaptasi sistem glikolisis, sedangkan waktu *interval* digunakan untuk *inspirasi* (menghirup oksigen) sebanyak mungkin. Dengan adanya kesempatan menghirup oksigen tersebut akan dapat menyebabkan terjadinya peningkatan $VO_2 Max$ mitokondria, massa mitokondria dan jumlah mitokondria (Lamb, 1984).

Latihan yang teratur, terarah dan terprogram dapat dijadikan sebagai stressor fisik untuk merangsang terjadinya adaptasi secara fisiologis dalam tubuh. Stressor dengan bentuk stres fisik dengan beban berat dan kronis dapat meningkatkan jumlah mitokondria dan simpanan glikogen pada otot skelet.

4. Pengaruh Latihan Terhadap Depo Glikogen Otot Skelet.

Pemberian stres fisik dapat menyebabkan terjadinya adaptasi tubuh. Adaptasi terhadap peningkatan simpanan glikogen otot, karena disebabkan oleh adanya peningkatan satu atau lebih enzim-enzim yang terlibat dalam pembentukan glikogen (Lamb, 1984). Penggunaan glikogen selama latihan tergantung pada beberapa faktor, termasuk intensitas, lama latihan dan model latihan. Faktor yang berhubungan dengan model latihan dan mempengaruhi penggunaan glikogen otot adalah tipe serabut otot dan motor unit yang dikerahkan selama latihan (Fox, 1984).

KESIMPULAN

Stres Fisik yang dilakukan secara teratur, terarah, terprogram dan berlangsung lama atau kronis, akan mempengaruhi fungsi organ dan jaringan tubuh yang ada. Stressor dengan bentuk stres fisik dengan beban berat dan kronis dapat meningkatkan jumlah mitokondria (*power house*) dan simpanan (*depo*) glikogen. Jadi stres fisik dengan beban berat dan kronis bila ditinjau dari predominan energi menggunakan ATP-PC dan akan menyebabkan terjadinya adaptasi dalam sistem ATP-PC dan adaptasi sistem glikolisis. Replikasi mitokondria dipengaruhi oleh kebutuhan terhadap penyediaan energi, pada fase pemulihan akan terjadi peningkatan aktifitas di dalam mitokondria untuk mengembalikan

penyediaan ATP. Pemulihan kembali glikogen sebagai sumber energi di otot maupun sel hati sesudah melakukan aktivitas fisik sangat dipengaruhi kesiapan enzim maupun mediator yang ada di dalam sitosol. Makin terlatih seseorang, maka makin cepat pemulihan glikogennya. Jadi stres fisik dengan beban berat dan kronis bila ditinjau dari predominan energi menggunakan ATP-PC dan akan menyebabkan terjadinya adaptasi dalam sistem ATP-PC dan adaptasi sistem glikolisis

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand PO and Rodahl K, 1986, **Textbook of Athletic Training**, 2^{ed} edition, New York; Mc. Graw Hill, pp.420-442
- Bower RW., Fox, EL.,1992, **Sport Physiology**, 3nd edition. USA, W.B. Saunders Company, Brown Publishing, pp 55-71. 235-237.
- Bompa TO., 1994, **Theory and Metodology of Training The Key to Athletic Performance**, Dubugue Iowa: Kendal / Hunt Publising, pp.264.
- Costill DL., Bower RB., G, and Spark K, 1971, Muscle Glycogen Utilization, During Prolognged Exercise on Successive Days, *J. Appl. Physioi.* 31 (6): 834-838.
- Fox EL, Bowers RW, Foss ML, 1993, **The Physiological Basis for Exercise and Sport**, fifth ed. Iowa: WCB Brown & Benchmark, pp.12-37, 296, 451, 472, 504, 512-532, 615-616.
- Fox EL., 1984, **Sport Physiology**, Tokyo; WCB Brown Sounder. Book, pp.208, 257-283, 58-85.
- Lamb. DR, 1984, **Physiology of exercise, Responses and Adaptation**, Secon Edition, New York McMillan Publishing company, pp.55.
- McArdle WD., Katch FI., & Katch VL., 1986, **Exercise Physiology, Energi, Nutrition and Human Performance**, 2nd, ed., lea dan Febiger, Philadelphie Amerika Serikat, hal. 321
- Mayes PA., Rodwell VW., and Martin DW., 1987, **Harper's Review of Biochemictry**, California, Lang Mediacal Publication, pp.143-167.
- Rushall BS, Pyke FS., 1990, **Training of Sport and Fitness**, 1st ed. Melabourne: Macmillan co. pp. 27-96.
- Soekarman R, 1991, **Energi dan Sistem Predominan pada Olahraga**, Pusat Ilmu Olahraga, KONI Pusat, hal 4-28.
- Soekarman R, 1989, **Dasar-dasar Untuk Pembina Pelatih dan Atlet**, Jakarta, CV Haji Massagung hl. 30, 58-59.
- Wilmore JH., Costill DL., 1994, **Physiology of Sport and Exercise**, USA: Human Kinetics, pp. 349, 376, 536.