

MODUL 1

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Olahraga merupakan gejala perubahan perilaku gejala yang diprogram oleh manusia yang melakukan. Kegiatan olahraga sering dikaitkan dengan indikator keberhasilan pembangunan suatu negara, yang secara teratur selalu melakukan kejuaraan nasional, regional, Asia sampai pada tingkat Olimpiade (Shadiqin, 2015). Tujuan olahraga adalah meningkatkan kekuatan, ketahanan, kelenturan, kelincahan, dan kecepatan. Kekuatan - kekuatan ini berhubungan dengan struktur dan faal dalam tubuh. Jika olahraga itu dikerjakan secara teratur dan sesuai dengan cara berlatih, maka diharapkan adanya perubahan - perubahan (adaptasi) yang menunjang tercapainya kekuatan - kekuatan tersebut (Soekarman, 2006).

Hal pokok dalam mewujudkan tujuan program latihan yang berkualitas, adalah energi yang merupakan bahan bakar tubuh dalam melakukan segala aktivitas. Karena latihan adalah aktivitas fisik, maka sudah pasti memerlukan energi yang cukup (Hasibuan, 2014). Dalam mekanisme biologis sistem tubuh, ATP berperan sebagai sumber energi untuk seluruh fungsi normal. Otot yang berkontraksi, menghasilkan kerja yang memerlukan energi secara terus menerus. Kegiatan fisik yang diprogram untuk meningkatkan kualitas kinerjanya, akan memerlukan energi yang lebih besar sesuai tingkat pekerjaannya (Shadiqin, 2015).

Sistem energi dalam olahraga dibagi menjadi sistem energi aerobik dan anaerobik. Kemampuan anaerobik adalah kerja yang dilakukan dengan sumber energi anaerobik dalam kecepatan maksimal (Pate, 1984). Kemampuan anaerobik sangat ditentukan oleh daya anaerobik (anaerobic power) dan kapasitas anaerobik (anaerobic capacity) (McArdle, 1986). Anaerobik merupakan salah satu sistem untuk menghasilkan energi (ATP) bagi tubuh. Kegiatan tersebut berlangsung dalam waktu yang pendek dan memerlukan energi segera (anaerobik). Energi yang berperan dalam kondisi ini adalah sistem Adenosin Trifosfat (ATP) dan *Posphocreatine* (Bompa, 1990).

Sedangkan kapasitas aerobik adalah suatu kerja yang dilaksanakan secara terus menerus selama mungkin, suatu kerja otot yang agak bersifat umum dalam kondisi aerobik (Soebroto, 2010). Kerja aerobik dilaksanakan pada kondisi kebutuhan oksigen tidak melebihi kapasitas maksimum konsumsi. Aerobik merupakan suatu sistem latihan untuk mencapai peningkatan kesegaran jasmani. Dalam latihan aerobik terjadi hubungan antara kegiatan fisik dengan kebutuhan oksigen yang berasal dari udara untuk keperluan menunjang aktivitas tubuh, yaitu suatu program fisik yang direncanakan untuk menampilkan dan meningkatkan kapasitas energi seorang atlet untuk suatu pertandingan (Fox, 1993).

B. Tujuan

1. Mengetahui pengertian sistem energi dalam olahraga
2. Mengetahui jenis sistem energi yaitu sistem energi aerobik dan anaerobik.
3. Mengetahui mekanisme sistem energi dalam olahraga.

C. Manfaat

1. Memberikan sumbangsih dan referensi dalam ilmu pengetahuan mengenai sistem energi dalam olahraga

2. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca mengenai sistem energi.

A. Energi

Kebutuhan energi merupakan kebutuhan gizi utama untuk atlet. Kinerja atletik optimal ditentukan oleh asupan energi yang memadai. Keseimbangan energi terjadi ketika asupan energi (jumlah energi dari makanan, cairan, dan produk suplemen) sama dengan pengeluaran energi atau jumlah energi yang dikeluarkan sebagai tingkat metabolisme basal (BMR), efek termal dari makanan, efek aktivitas thermic (TEA), yang merupakan energi yang dikeluarkan dalam aktivitas fisik yang direncanakan, dan aktivitas nonexercise thermogenesis. Aktivitas fisik spontan juga termasuk dalam aktivitas thermic (Rodriguez, 2010).

Sumber energi tubuh berasal dari karbohidrat, lemak dan protein. Sumber energi ini dipakai oleh sel untuk membentuk sejumlah besar ATP dan ATP dipakai sebagai sumber energi untuk berbagai fungsi sel (Gayton, 1993). Atlet perlu mengkonsumsi energi yang cukup untuk mempertahankan berat badan dan komposisi tubuh yang tepat saat latihan dalam olahraga. Beberapa atlet perempuan dapat mengkonsumsi energi kurang dari yang dikeluarkan. Asupan energi rendah (misalnya, <1800-2000 kkal/hari) untuk atlet wanita adalah perhatian gizi utama karena keadaan terus-menerus dari keseimbangan energi yang negatif dapat menyebabkan penurunan berat badan dan gangguan fungsi endokrin (Rodriguez, 2010).

Komponen utama yang menunjang performa seorang atlet adalah asupan zat gizi yang seimbang dan memastikan atlet mengkonsumsi kalori yang cukup untuk menyeimbangi pengeluaran energi yang berlebihan selama beraktivitas. Asupan energi yang terbatas, jaringan lemak dan tidak berlemak akan digunakan untuk bahan bakar oleh tubuh. Kehilangan massa jaringan lemak menyebabkan hilangnya kekuatan dan daya tahan, serta berhubungan dengan kekebalan tubuh, endokrin, dan fungsi muskuloskeletal. Selain itu, asupan energi rendah jangka panjang dapat menghasilkan asupan zat gizi yang rendah, terutama dari zat gizi mikro, dan dapat mengakibatkan disfungsi metabolik yang berhubungan dengan kekurangan gizi serta menurunkan RMR (Rodriguez, 2010).

Pengeluaran energi untuk berbagai jenis olahraga tergantung pada durasi, frekuensi, dan intensitas latihan, jenis kelamin atlet, dan status gizi sebelumnya. Keturunan, usia, ukuran tubuh, dan massa lemak bebas juga mempengaruhi pengeluaran energi. Lebih banyak energi yang digunakan dalam aktivitas, semakin banyak kalori yang dibutuhkan untuk mencapai keseimbangan energi (Rodriguez, 2010).

Untuk memperkirakan pengeluaran energi total, BMR atau RMR dikalikan dengan faktor aktivitas yang sesuai 1,8-2,3 (mewakili tingkat aktivitas fisik sedang hingga sangat berat). Pedoman numerik seperti ini hanya menyediakan perkiraan kebutuhan energi rata-rata dari seorang atlet individu (Rodriguez, 2010). Ketidakseimbangan antara kebutuhan energi dari tubuh dan energi yang diperlukan untuk berpartisipasi dalam aktivitas fisik dapat memiliki konsekuensi serius pada berbagai sistem tubuh termasuk reproduksi, tulang, dan sistem kardiovaskular (Vescovi, 2016).

Karbohidrat sangat penting bagi para atlet karena mereka berkontribusi untuk memenuhi kebutuhan energi spesifik mereka, untuk menjaga glikemia dan memulihkan cadangan glikogen. Selanjutnya, asupan karbohidrat yang tidak memadai bisa mengakibatkan penggunaan protein tubuh sebagai sumber energi, merusak proses pertumbuhan dan perkembangan terutama pada kelompok atlet remaja yang diketahui masih dalam masa pertumbuhan (Leticia AAC, 2016)

Defisit energi dapat menginduksi gangguan dalam siklus menstruasi, yang terkait dengan rendahnya tingkat estrogen. Akibatnya, rendahnya tingkat estrogen terkait dengan kehilangan tulang dan tidak menguntungkan perubahan dalam faktor yang terkait dengan penyakit kardiovaskular. (Vescovi, 2016)

B. Sistem Metabolisme Energi.

Dalam melakukan aktivitas fisik otot yang berkontraksi membutuhkan energi, energi yang berasal dari makanan terlebih dahulu dirubah menjadi energi kimia yang disimpan dalam molekul-molekul untuk menghasilkan kerja sel (Willmore, 1995). Energi yang berasal dari pemecahan makanan tersebut digunakan untuk membentuk *adenosin triphosphate* (ATP) yang ditimbun di dalam mitokondria otot dalam jumlah terbatas, yaitu 4-6 mm/kg otot. ATP tersebut hanya cukup untuk aktifitas cepat dan berat selama 3-8 detik, oleh sebab itu untuk aktifitas yang lama segera diperlukan pembentukan ATP kembali (Fox, et al, 1993).

Energi expenditur harus sama dengan asupan energi untuk mencapai keseimbangan energi. Sistem energi yang digunakan selama latihan untuk kerja otot termasuk phosphagen dan glikolitik (anaerobik) dan jalur oksidatif (aerobik) (Rodriguez, 2010).

Soekarman (1998) membagi sistem energi utama dalam 4 kategori yaitu:

- 1) Semua aktivitas yang membutuhkan waktu kerja kurang dari 30 detik (sistem ATP-PC).
- 2) Semua aktivitas yang membutuhkan waktu kerja antara 30-90 detik (sistem ATP PC dan asam laktat).
- 3) Semua aktivitas yang membutuhkan waktu kerja antara 1,5- 3 menit (sistem asam laktat dan oksigen).
- 4) Semua aktivitas yang membutuhkan waktu kerja lebih dari 3 menit (sistem aerobik).

Proses pembentukan kembali ATP terjadi 3 cara, 2 proses terjadi secara anaerobik : (1) Sistem ATP-PC (sistem fosfatagen) dan (2) Sistem glikolisis anaerobik (sistem asam laktat), dan 1 proses terjadi secara aerobik, yaitu sistem aerobik dimana meliputi oksidasi karbohidratt dan lemak.

1. Sistem Energi Anaerobik

Sistem energi anaerobik yaitu sistem yang menyediakan energi (ATP) dalam waktu yang relatif cepat, maka latihan anaerobik umumnya dilakukan dengan mengutamakan kecepatan dan kekuatan yang eksplosif, dan berlangsung dalam waktu yang relatif singkat (Janssen, 1989). Sejalan dengan itu, untuk meningkatkan kecepatan dan daya ledak (*eksplosive*), harus dilakukan dengan latihan yang melibatkan sistem energi anaerobik (Yessis dan Turbo,1988).

Dalam aktivitas otot yang memerlukan kerja maksimal, seperti lari sprint, membutuhkan energi dari sistem ATP-PC dan penguraian glikogen otot tanpa menggunakan oksigen (glikolisis anaerobik) (Willmore dan Costill, 1994).

a. Sistem ATP-PC (Sistem Fosfatagen)

Sistem ATP-PC adalah sistem yang paling cepat dibanding sistem yang lain, dalam hal membentuk ATP. Bahan bakar yang digunakan adalah phosphocreatin. Akan tetapi ATP yang dihasilkan relatif sedikit, dan terbatas jumlahnya. ATP dan Phosphocreatine (PC) berisi kelompok fosfat berenergi tinggi. Oleh karenanya sistem ATP-PC ini disebut juga dengan sistem fosfagen (phosphagen system) (Soekarman, 1989).

Sistem fosfatagen adalah suatu sistem penyediaan energi ATP yang berasal dari kreatin fosfat (PC) di otot. Dengan enzim kreatin kinase, PC dipecah menjadi fosfat dan kreatin dan selanjutnya fosfat diikat dengan ADP menjadi ATP. Pada saat kontraksi ATP dipecah menjadi ADP dan fosfat diikat kembali oleh kreatin menjadi kreatin fosfat (PC) (Fox, et al, 1991).

Sistem phosphagen digunakan untuk latihan yang berlangsung tidak lebih dari beberapa detik dan intensitas tinggi. Adenosine triphosphate (ATP) dan creatine phosphate menyediakan energi yang tersedia dalam otot. Jumlah ATP dalam otot rangka (5 mmol.kg berat basah) tidak cukup untuk memberikan kelangsungan penyediaan energi, terutama pada latihan dengan intensitas yang tinggi. Kreatin fosfat merupakan cadangan ATP dalam otot yang dapat mudah diubah untuk mempertahankan aktivitas untuk 3-5 menit. Jumlah creatine phosphate yang tersedia di otot rangka adalah sekitar empat kali lebih besar dari ATP dan karena itu merupakan bahan bakar utama yang digunakan untuk intensitas tinggi, kegiatan durasi pendek seperti clean and jerk di angkat berat atau istirahat cepat di basket (Rodriguez, 2010).

Kurang lebih fosfokreatin 15–17 milimol tertimbun dalam otot per kilo gram. Bila PC terurai akan dilepaskan energi, dan fosfat segera didonorkan untuk membentuk ATP dari ADP atau AMP. Reaksi ATP dan PC dalam sel berlangsung sangat cepat. Pada saat ATP digunakan, segera PC terurai dan membebaskan energi. Pada kondisi standart energi dilepaskan sebesar 8300 kalori permol PC dan kondisi reaktan dan suhu tubuh normal 13000 kalori, lebih besar energi dari hidrolisis ATP sebesar 12000 kalori (Patellongki dkk, 2000).

Kreatin fosfat jumlahnya sangat sedikit, sehingga cepat habis. Tetapi merupakan sumber energi yang tercepat untuk membentuk ATP kembali. Oleh karena itu sistem energi ini dapat digunakan secara cepat yang diperlukan pada aktivitas yang memerlukan kecepatan (Fox, et al, 1993).

b. Sistem Asam laktat (Sistem Glikolisis Anaerobik).

Sistem asam laktat adalah sistem yang cepat dalam membentuk ATP dibanding sistem aerobik. Bahan bakar yang digunakan adalah glikogen. Akan tetapi waktunya tidak lebih cepat dibanding dengan sistem ATP-PC. Selain itu, pada sistem asam laktat, terjadi penumpukan asam laktat. Jika otot terus berkontraksi, sementara suplai ATP dari sistem ATP-PC sudah tidak mencukupi, maka sumber energi untuk membentuk ATP kembali diperoleh dari sistem asam laktat, dengan menguraikan glukosa tanpa menggunakan oksigen.

Jalur glikolisis anaerobik menggunakan glikogen otot dan glukosa yang cepat dimetabolisme secara anaerob melalui kaskade glikolitik. Jalur ini mendukung aktivitas berlangsung 60-180 detik. Sekitar 25% -35% dari total simpanan glikogen otot yang digunakan selama 30 detik sprint atau latihan resistensi pertarungan. Baik phosphagen maupun jalur glikolitik dapat mempertahankan penyediaan energi yang cepat untuk memungkinkan otot untuk berkontraksi pada tingkat yang sangat tinggi untuk aktivitas yang berlangsung lebih dari 2-3 menit (Rodriguez, 2010).

Apabila glukosa masuk dalam sel, maka molekul glukosa tersebut dengan serangkaian reaksi kimia diproses menjadi energi, yang disebut peristiwa glikolisis. Energi yang dikeluarkan digunakan untuk membentuk ATP kembali dan menghasilkan 3 ATP. Reaksi ini tidak efisien, karena dari 1 mol (180 gr) glikogen hanya membentuk 3 ATP sedangkan bila dengan

pertolongan oksigen akan menghasilkan 39 mol ATP. Asam laktat yang terbentuk dari glikolisis akan menurunkan pH otot dan darah. Perubahan pH akan menghambat kerja enzim atau reaksi kimia dalam sel terutama dalam otot sendiri (Fox, et al, 1993).

Asam laktat yang dihasilkan akan menumpuk dan mempengaruhi efisiensi kerja otot, nyeri otot, sehingga menyebabkan kontraksi otot bertambah lemah dan menyebabkan kelelahan. Asam laktat akan diolah kembali melalui siklus Cory menjadi glukosa (Sakti, 2015).

Berdasarkan penelitian terhadap atlet cabang olah raga lari estafet pada intensitas latihan yang tinggi (> 75% dari VO₂max) diketahui saat bahwa karbohidrat memiliki peranan penting untuk pemasok energi. Penelitian ini melaporkan diketahui bahwa selama pertandingan cadangan energy sangat bergantung terhadap pasokan karbohidrat sebelum pertandingan (Bercos *et al.*, 2012)

2. Sistem Energi Aerobik

Sistem aerobik merupakan sistem pembentukan kembali ATP melalui fosforilasi oksidatif di mitokondria. Pengikatan kembali Pi dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh oksidasi substrat dari makanan penghasil energi (karbohidrat, lemak dan protein) (Patellongi dkk, 2000). Sistem energi aerobik digunakan untuk cabang olahraga dengan intensitas rendah dan durasi gerak lama (>2 menit). sistem ini menghasilkan ATP lebih lambat dibanding sistem ATP-PC (anaerobik) (Sakti, 2015).

Sistem energi aerobik biasanya dapat diketahui dari waktu yang digunakan dalam menyelesaikan pekerjaan. Sistem energi ini dapat bekerja terus-menerus dalam waktu yang lama dengan intensitas yang rendah. Sistem energi aerobik dapat membentuk energi kembali dengan bantuan oksigen. Latihan aerobik menuntut oksigen tanpa menimbulkan hutang oksigen, maka latihan-latihan ini dapat berlangsung dalam waktu yang lama. Sedangkan pengaruh latihan ialah meningkatkan kapasitas tubuh untuk memasukkan oksigen dan menyalurkan ke jaringan sel yang akan berpadu dengan zat makanan untuk memproduksi energi (Sumintarsih dan Saptono, 2001).

Bentuk latihan aerobik dilakukan dengan intensitas yang rendah dalam waktu yang lama. Berarti akan meningkatkan efisiensi kerja dari organ-organ tubuh tersebut, dan meningkatkan kapasitas aerobik. Dengan meningkatnya kapasitas aerobik, maka cadangan energi menjadi lebih besar, sehingga tubuh lebih mampu mempertahankan kondisi fisik pada suatu aktivitas. Energi ini diperoleh dari pembakaran glikogen dengan oksigen, sehingga kerja fisik dapat berlangsung dengan waktu yang lama (Sumintarsih dan Saptono, 2001).

Bahan bakar jalur oksidatif berlangsung lebih lama dari 2-3 menit. Komposisi utama termasuk glikogen otot dan hati, intramuscular, darah, dan trigliserida jaringan adiposa dan jumlah diabaikan asam amino dari otot, darah, hati, dan usus. Contoh aktivitas jalur bahan bakar utama jalur oksidatif termasuk lari 1.500 m, marathon, half-marathon, dan daya tahan bersepeda atau ≥1500 m berenang. Oksigen menjadi lebih tersedia untuk kerja otot, tubuh menggunakan lebih dari jalur aerobik (oksidatif) dan kurang dari jalur anaerobik (phosphagen dan glikolitik). Hanya jalur aerobik dapat menghasilkan banyak ATP dari waktu ke waktu melalui siklus krebs dan sistem transpor elektron. Ketergantungan yang lebih besar pada jalur aerobik tidak terjadi tiba-tiba, juga merupakan salah satu jalur yang pernah

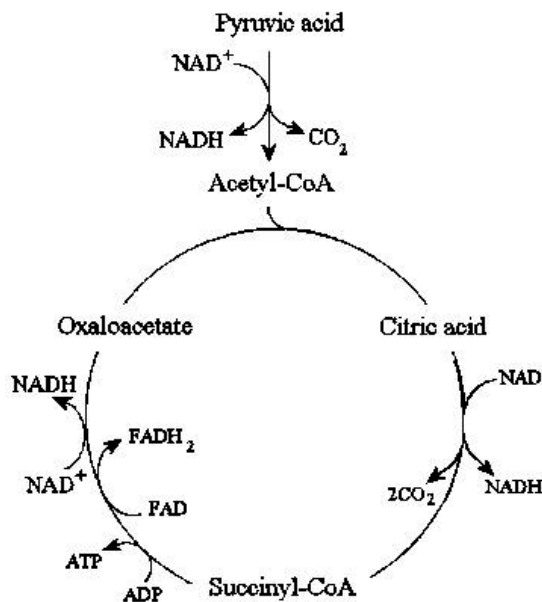
mengandalkan secara eksklusif. Intensitas, durasi, frekuensi, jenis kegiatan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran individu, serta asupan gizi sebelum dan simpanan energi, menentukan kapan crossover dari aerobik utama menjadi jalur anaerob (Rodriguez, 2010).

Metabolisme aerobik ini meskipun terjadi di otot (organel mitokondria), letaknya agak jauh dengan mekanisme kontraktile. Oleh karena itu pengaruhnya juga lebih lambat dan tidak dapat digunakan secara cepat. Reaksi aerobik terjadi di mitokondria yang terbagi menjadi : (1) glikolisis aerobik, (2) siklus kreb, (3) sistem transport elektron (Setiawan, 2002).

a. Glikolisis Aerobik

Glikogen dipecah menjadi CO₂ dan H₂O sebagai glikolisis. Selama glikolisis aerobik, 1 gram glikogen dipecah menjadi 2 mol asam piruvat, dengan mengeluarkan energi untuk mensintesis kembali 3 mol ATP (Fox, et al, 1993).

b. Siklus Krebs



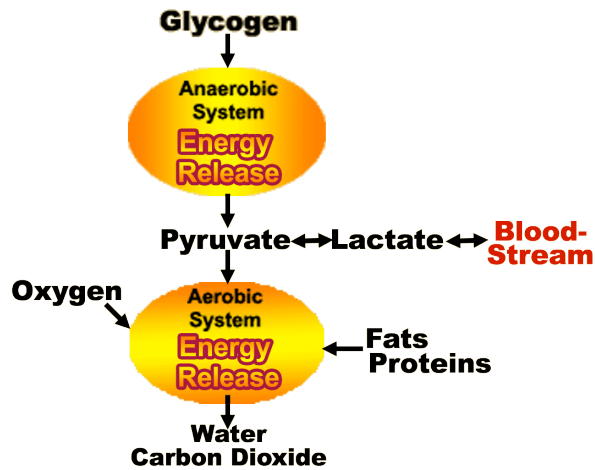
Pemecahan glukosa berikutnya adalah memecah 2 asam piruvat dengan pertolongan koenzim A menjadi acetyl A, CO₂ dan H (asam piruvat + coenzym A → Acetyl A + 2 CO₂ + 4H). Selanjutnya acetyl koenzim A masuk dalam siklus Krebs (siklus asam sitrat atau asam trikarboksilat). Asam lemak aktif ini masuk ke siklus oksidasi yang dinamakan beta oksidasi menjadi acetyl koenzim A dan masuk dalam siklus Krebs. Banyaknya ATP yang dihasilkan tergantung dari jenis asam lemak (Fox, et al, 1993).

Gambar Siklus kreb. (library.thinkquest.org)

c. Sistem transpor elektron

Kelanjutan pemecahan glikogen adalah terbentuknya H₂O yang dihasilkan dari persenyawaan H⁺ yang terjadi dalam siklus Krebs dan oksigen yang kita hirup. Rangkaian reaksi sampai terjadi H₂O disebut dengan sistem transport elektron dan reaksi ini terjadi di membran dalam mitokondria. Waktu terjadi transport elektron di dalam rantai respirasi sejumlah energi dikeluarkan. Ion H⁺ dan elektron yang dihasilkan dari siklus Krebs masuk ke sistem transport elektron. Dalam sistem ini terjadi pembentukan H₂O dari reaksi enzimatik antara ion H⁺ dan oksigen serta pembentukan ATP (Fox, et al, 1993).

3. Kombinasi Sistem Energi Aerobik Dan Anaerobik.



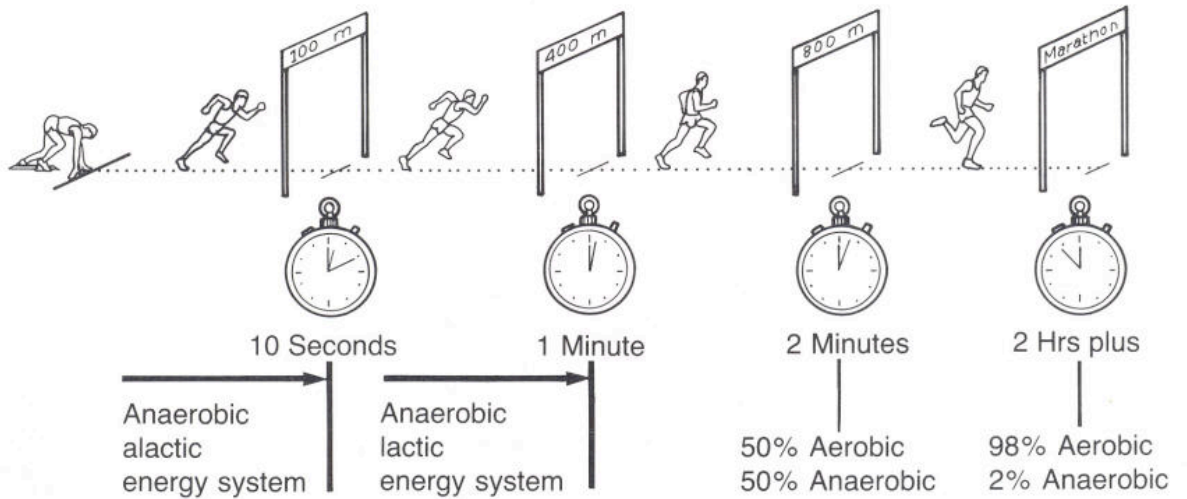
Sistem energi aerobik dan anaerobik berjalan secara bersamaan sesuai dengan kebutuhan ATP untuk bergerak.

Menurut Peter G.J.M. Janssen (1989) dapat diklasifikasikan aktivitas maksimum pada berbagai durasi serta sistem penyediaan energi untuk

aktivitas dapat dilihat dalam tabel 1.

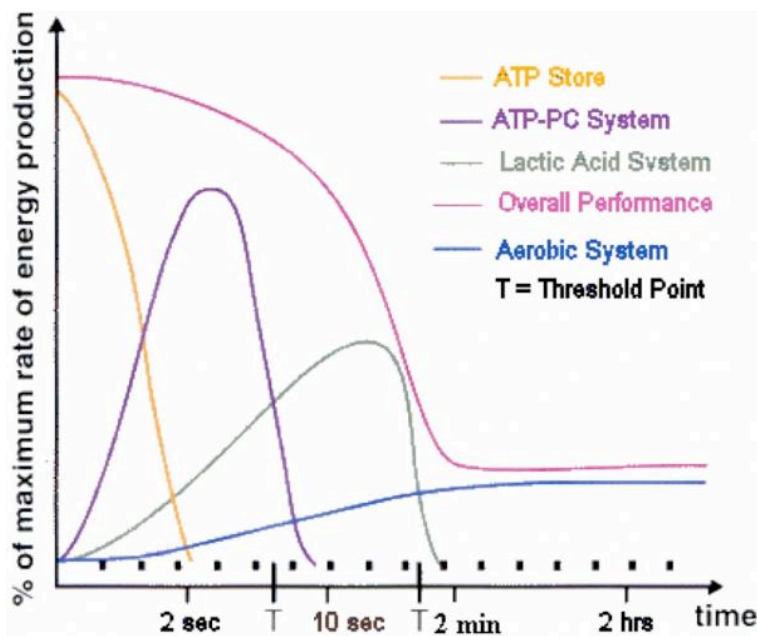
Tabel 1. Sistem penyediaan Energi untuk Aktivitas

Durasi	Klasifikasi Sistem Energi (Aerobik/Anaerobik)	Sumber Energi	Observasi
1-4 detik	Anaerobik, alaktik	ATP	
4-20 detik	Anaerobik, alaktik	ATP + CP	
20-45 detik	Anaerobik, alaktik+Anaerobik, laktik	ATP+CP+Glikogen otot	Produksi laktat tinggi
45-120 detik	Anaerobik, laktik	Glikogen otot	Dengan meningkatnya durasi, produksi laktat menurun
120-140 detik	Aerobik+Anaerobik, laktik	Glikogen otot	Dengan meningkatnya durasi, produksi laktat menurun
240-600 detik	Aerobik	Glikogen otot + asam lemak	Dengan meningkatnya durasi, dibutuhkan lemak yang lebih tinggi



Sumber : www.Coach.org

C. Konversi Sumber Energi Berlebih.



Sumber : www.omidoo.com

Sekitar 50% -60% dari energi selama 1-4 jam latihan terus menerus pada 70% dari kapasitas oksigen maksimal berasal dari karbohidrat dan sisanya dari oksidasi asam lemak bebas. Sebagian besar energi berasal dari oksidasi asam lemak bebas, terutama berasal dari trigliserida otot sebagai intensitas latihan menurun. Pelatihan tidak mengubah jumlah total energi yang dikeluarkan melainkan proporsi energi yang berasal dari karbohidrat dan lemak.

Sebagai hasil dari pelatihan aerobik, energi yang berasal dari kenaikan lemak dan dari karbohidrat berkurang. Seorang individu yang terlatih menggunakan persentase lemak lebih besar daripada orang yang tidak terlatih pada beban kerja yang sama. Lemak rantai panjang yang berasal dari simpanan trigliserida otot merupakan bahan bakar pilihan untuk latihan aerobik untuk individu yang terlibat dalam intensitas latihan ringan hingga sedang (Rodriguez, 2010).

Orang-orang yang berpartisipasi dalam program kebugaran umum (misalnya, berolahraga 30 - 40 menit per hari, 3 kali per minggu) biasanya dapat memenuhi kebutuhan gizi mengikuti diet normal (misalnya, 1.800 - 2.400 kkal / hari atau sekitar 25 - 35 kkal / kg / hari untuk 50 - 80 kg individu) karena tuntutan kalori mereka dari latihan yang tidak terlalu besar (misalnya, 200-400 kkal / sesi). Namun, atlet yang

terlibat dalam tingkat sedang pelatihan intensif (misalnya, 2-3 jam per hari dari latihan intens dilakukan 5-6 kali per minggu) atau volume tinggi pelatihan intensif (misalnya, 3-6 jam per hari pelatihan intensif di 1- 2 latihan selama 5-6 hari per minggu) dapat mengeluarkan 600 - 1.200 kkal atau lebih per jam selama latihan. Untuk alasan ini, kebutuhan kalori mereka mungkin mendekati 50 - 80 kkal / kg / hari (2.500 - 8.000 kkal / hari untuk 50 - 100 kg atlet (Kreider *et al.*, 2010)

Karbohidrat merupakan sumber tenaga utama dan terbesar. Pengurangan asupan karbohidrat pada diet atlet akan menurunkan cadangan glycogen pada atlet. Glycogen disimpan dalam otot diperuntukan untuk cadangan bagi tubuh ketika energi dari makanan yang diasup habis. Cadangan glycogen yang cukup sangat penting bagi atlet, terutama untuk cabang olah raga dengan intensitas tinggi dan durasi yang panjang (Marilyn & Peterson, 1988). Selain itu, dengan glycogen yang cukup tubuh dapat melakukan pembentukan daya secara anaerobik (Giriwijoyo & Sidik, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Bercos *et al.* (2012). Nutritional behavior of cyclists during a 24-hour team relay race: a field study report. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9.
- Bompa. O. Tudor. (1990). *Theory and Methodology of Training*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing.
- Fox, L. Edward, L. Bowr, R and Foss, M. (1993). *The Physiological Basic for Exercise and Sport*. USA
- Gayton & Hall (2002). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta :EGC Kedokteran
- Giriwijoyo, S., & Sidik, D. Z. (2013). *Tata Gizi Olahraga*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Guyton, Arthur. C. (1993). *Text Book of Medical Physiology*. Alih Bahasa: Ken Ariata Tengadi dkk. WB Saunders Co.
- Hasibuan, Sanusi. (2014). Keakuratan dalam Meningkatkan Kemampuan Anaerobik. *Journal of Pelangi Pendidikan*, 55-64
- Iyakrus. (2011). Sistem Energi dan Serabut Dominan pada Permainan Sepaktakraw. *ALTIUS Journal Ilmu Olahraga dan Kesehatan*, 42-47
- Janssen, P.G.J.M. (1989). *Training Lactate Pulse Rate*. Alih Bahasa : Peni K.S Mutalib. Jakarta : Pustaka Utama.
- Kreider *et al.* (2010). ISSN exercise & sport nutrition review:. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1-3.
- Leticia AAC, C. P. (2016). Critical evaluation of food intake and energy balance in young modern pentathlon athletes: a cross-sectional study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.
- McArdle, D.W, Katch ,I. F, Katch, L.V. (1986). *Exercises Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia : Lea & Febiger.
- Marilyn, & Peterson, K. (1988). *Eat To Compete "A Guide to Sports Nutrision"*. United States of Ameica: Book Meidcal.
- Pate R, McClenaghan B, Rotella R. (1984). *Pengangkutan dan Penggunaan Oksigen. Dalam Dwijowinoto K (penerjemah). Dasar-Dasar Ilmiah Keplatihan*. Philadelphia (USA): Saunders College Publishing.
- Rodriguez, N. R. (2010, Maret 10). Nutrition and Athletic Performance. *Journal of Medical Scape*, 1-12.
- Sakti, H. M. (2015, September 16). Pemanfaatan Energi dalam Olahraga. *Blok Kesehatan Olahraga*.
- Shadiqin, AR. (2015). Sistem Energi dan Latihan Fisik. *Artikel Olahraga Unlam*, 21-35
- Soekarman, R. (1989). *Dasar-Dasar Olah Raga*. Jakarta: Inti Idayu Press.
- Sumintarsih dan Saptono, Tri. (2001, Agustus). Sistem Energi Metode Latihan Lari 1500 meter. *Journal of Olahraga*, 1-12.
- Vescovi, J. (2016). Consequences of Energy Deficiency in Female Athletes. *NSCA's Performance Training Journal*, V(6), 23-25.
- Willmore, H.Jack dan Costill, L. David. (1994). *Physiology of Sport and Exercises*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Willmore, Jack, David L. (1995). *Training for Sport and Activity*. Dubuque, Iowa, Wm.C: Brown Publishing Company.
- Yessis, M. dan Trubo. R. (1993). *Secrets of Soviet Sports Fitness & Training*. Alih Bahasa: Ardina P. Bandung: Institut Teknologi Bandung.