

BAB I

SISTEM ENERGI DAN LATIHAN

Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa dapat mengetahui pengertian proses metabolisme aerobik dalam olahraga.
2. Mahasiswa dapat memahami dan mengetahui proses metabolisme aerobik selama melakukan latihan dalam olahraga.
3. Mahasiswa dapat mengetahui keuntungan dan kerugian dari proses metabolisme aerobik dalam olahraga.
4. Mahasiswa dapat mengetahui perbandingan produksi energi pada metabolisme aerobic dan anaerobic hubungannya dengan durasi waktu pada saat melakukan latihan dalam olahraga.

A. Latar Belakang

Dalil dasar dalam setiap program latihan adalah mengetahui sistem metabolisme energi yang utama digunakan atau yang lebih dikenal dengan sistem predominan. Selanjutnya dengan sistem tambah beban, merencanakan program latihan yang meningkatkan sistem energi yang digunakan tersebut yang akan dibandingkan dengan sistem metabolisme energi lainnya. Energi berasal dari makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein. Kalau kita makan, maka tujuannya selain menghilangkan rasa lapar, namun tujuan terpenting adalah untuk pertumbuhan, sebagai sumber energi dan mengganti sel – sel yang rusak.

Pada dasarnya semua energi berasal dari matahari, dimana energi dari matahari oleh tumbuhan dapat diubah menjadi energi kimia. Dan dalam latihan terjadi juga perubahan energi kimia menjadi energi mekanik. Oleh karena itu, dalam latihan harus mengetahui persediaan energi kimia, kapan energi kimia tersebut di perlukan, bagaimana proses penyediannya dan dimana energi tersebut berasal dan disimpan. Dan semua itu menyangkut dalam sistem metabolisme energi dalam tubuh. Makanan yang kita makan sehari-hari diuraikan menjadi partikel-partikel kecil didalam saluran cerna untuk diabsorpsi dan diangkut ke berbagai sel di dalam tubuh. Sel-sel tubuh mengubahnya menjadi energi kimia dalam bentuk sederhana yang dapat digunakan dengan segera atau bentuk lain untuk penggunaan lebih lanjut.

Di dalam tubuh terdapat sejumlah sistem metabolisme energi yang dapat menyediakan energi sesuai kebutuhan pada saat istirahat atau exercise. Latihan

merupakan serangkaian aktivitas fisik yang terstruktur dan berirama dengan intensitas tertentu dalam jangka waktu tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan kebugaran jasmani (Afriwardi, 2010). Latihan didefinisikan sebagai aktivitas olahraga secara sistematis yang dilakukan berulang-ulang dalam jangka waktu lama disertai dengan peningkatan beban secara bertahap dan terus-menerus sesuai dengan kemampuan masing – masing individu, tujuannya adalah untuk membentuk dan mengembangkan fungsi fisiologis dan psikologis.

Latihan adalah proses kerja yang dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan. Beban atau intensitasnya semakin hari semakin bertambah agar memberikan rangsangan secara menyeluruh terhadap tubuh. Latihan olahraga aerobik merupakan aktivitas yang bergantung terhadap ketersediaan oksigen untuk membantu proses pembakaran sumber energy sehingga juga akan bergantung terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh, seperti: jantung, paru-paru, dan juga pembuluh darah untuk mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan sempurna. Dengan latihan olahraga aerobik seseorang dapat meningkatkan ambilan oksigen, meningkatkan kapasitas darah untuk mengangkut oksigen, menurunkan denyut nadi saat istirahat maupun saat melakukan aktivitas. Latihan olahraga aerobik juga meningkatkan jumlah kapiler, menurunkan kadar lemak dalam darah, dan meningkatkan enzim pembakar lemak (Palar, et, al, 2015)

Latihan berdasarkan sumber tenaganya atau pembentukan ATP melalui tiga sistem, yaitu:

1. Sistem aerobik.
2. Sistem glikolisis anaerobik (*Lactic acid system*) dan
3. Sistem fosfat kreatin.

Latihan aerobik dapat di defenisikan sebagai latihan di bawah titik di mana kadar asam laktat darah naik dengan cepat, di bawah ambang laktat. Metabolisme aerobik jauh lebih efisien dari pada nonaerobik yang menghasilkan 38 molekul ATP per molekul glukosa dan hanya 2 molekul melalui rute nonaerobik, karena menghasilkan sedikit asam laktat latihan aerobik relatif menyenangkan (Sharkey, 2011).

Selama latihan dengan intensitas sedang dan rendah, metabolisme aerobik benar-benar menyediakan seluruh energi ATP yang dibutuhkan oleh otot. Ini dapat terjadi karena dalam keadaan seperti ini sistem pernafasan dan jantung

dapat menggerakkan oksigen ke otot secara teratur. Peran oksigen dalam metabolisme aerobik sangat penting yang akan dipakai di dalam mitokondria.

Selama latihan metabolisme aerobik selalu menyediakan energi sesuai dengan seluruh kebutuhan otot. Besarnya energi ini tergantung pada kecepatan penyaluran oksigen kepada otot yang bekerja. Dalam berbagai bentuk latihan khususnya dengan intensitas tinggi, metabolisme aerobik tidak dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi karena adanya keterbatasan sistem penyaluran oksigen. Dalam hal ini proses anaerobik melengkapi metabolisme aerobik sehingga kebutuhan energi otot dapat dipenuhi.

Secara umum aktivitas yang terdapat dalam kegiatan olahraga akan terdiri dari kombinasi dua jenis aktivitas yaitu aktivitas yang bersifat aerobik dan aktivitas yang bersifat anaerobik. Kegiatan/jenis olahraga yang bersifat ketahanan seperti jogging, marathon, triathlon dan juga bersepeda jarak jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas aerobik yang dominan. Selanjutnya untuk kegiatan olahraga yang membutuhkan tenaga besar dalam waktu singkat seperti angkat berat, push-up, sprint atau juga loncat jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas anaerobik yang dominan.

Namun dalam beragamnya berbagai cabang olahraga akan terdapat jenis olahraga atau aktivitas latihan dengan satu komponen aktivitas yang lebih dominan atau akan terdapat cabang olahraga yang menggunakan kombinasi antara aktivitas yang bersifat aerobik dan anaerobik. Aktivitas aerobik merupakan aktivitas yang bergantung terhadap ketersediaan oksigen untuk membantu proses pembakaran sumber energi sehingga juga akan bergantung terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru dan juga pembuluh darah untuk dapat mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan dengan sempurna.

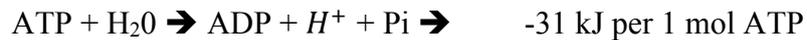
Menurut *American College of Sport Medicine* (ACSM) intensitas latihan aerobik harus mencapai target zone sebesar 60 – 90% dari frekuensi denyut jantung maksimal atau *Maximal Heart Rate* (MHR). Berdasarkan MHR yang dicapai, intensitas latihan aerobik dapat dibagi menjadi: ringan (35-59% MHR), sedang (60 – 79% MHR), dan tinggi (80 – 89% MHR). Peningkatan intensitas latihan dapat dilakukan melalui penambahan beban latihan, yaitu dengan gerakan meloncat-loncat, atau dengan mempercepat frekuensi gerak. Latihan aerobik sebaiknya dilakukan dengan frekuensi 3-5 kali perminggu, dengan durasi latihan 20-30 menit setiap kali latihan (Wilmore

& Costill, 1994). Giam & Teh (1993) mengatakan bahwa durasi latihan 15-30 menit sudah dinilai cukup, dengan syarat didahului 3-5 menit pemanasan dan diakhiri dengan 3-5 menit pendinginan, serta dilakukan secara terus-menerus (Aronta, 2013)

Aktivitas aerobik biasanya merupakan aktivitas olahraga dengan intensitas rendah sampai sedang yang dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang cukup lama, seperti jalan kaki, bersepeda atau juga jogging. Selain itu ada beberapa cabang olahraga seperti sepakbola, bola basket atau juga tenis lapangan disebutkan merupakan kegiatan olahraga dengan kombinasi antara aktivitas aerobik dan anaerobik.

B. Metabolisme Energi

Inti dari semua proses metabolisme energi di dalam tubuh adalah untuk meresintesis molekul ATP dimana prosesnya akan dapat berjalan secara aerobik maupun anaerobik. Proses hidrolisis ATP yang akan menghasilkan energi ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:



Di dalam jaringan otot, hidrolisis 1 mol ATP akan menghasilkan energi sebesar 31 kJ (7.3 kkal) serta akan menghasilkan produk lain berupa ADP (*adenosine diphosphate*) dan Pi (inorganik fosfat). Pada saat berolahraga, terdapat 3 jalur metabolisme energi yang dapat digunakan oleh tubuh untuk menghasilkan ATP yaitu hidrolisis *phosphocreatine* (PCr), glikolisis anaerobik glukosa serta pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan juga protein.

Pada kegiatan olahraga dengan aktivitas aerobik yang dominan, metabolisme energi akan berjalan melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan sebagian kecil ($\pm 5\%$) dari pemecahan simpanan protein yang terdapat di dalam tubuh untuk menghasilkan ATP (*adenosine triphosphate*).

Proses metabolisme ketiga sumber energi ini akan berjalan dengan kehadiran oksigen (O_2) yang diperoleh melalui proses pernafasan. Sedangkan pada aktivitas yang bersifat anaerobik, energi yang akan digunakan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas yang membutuhkan energi secara cepat ini akan diperoleh melalui hidrolisis *phosphocreatine* (PCr) serta melalui glikolisis

glukosa secara anaerobik. Proses metabolisme energi secara anaerobik ini dapat berjalan tanpa kehadiran oksigen (O₂).

C. Pengertian Proses Metabolisme Aerobik

Pada jenis-jenis olahraga yang bersifat ketahanan (*endurance*) seperti lari marathon, bersepeda jarak jauh (*road cycling*) atau juga lari 10 km, produksi energi di dalam tubuh akan bergantung terhadap sistem metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran karbohidrat, lemak dan juga sedikit dari pemecahan protein. Oleh karena itu maka atlet-atlet yang berpartisipasi dalam ajang-ajang yang bersifat ketahanan ini harus mempunyai kemampuan yang baik dalam memasok oksigen ke dalam tubuh agar proses metabolisme energi secara aerobik dapat berjalan dengan sempurna.

Latihan olahraga aerobik merupakan aktivitas yang bergantung terhadap ketersediaan oksigen untuk membantu proses pembakaran sumber energi, sehingga bergantung pula terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh, seperti: jantung, paru-paru, dan pembuluh darah untuk mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan dengan sempurna. Latihan olahraga aerobik biasanya merupakan latihan olahraga dengan intensitas rendah sampai sedang yang dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang cukup lama, seperti jalan kaki, bersepeda atau juga *jogging*.

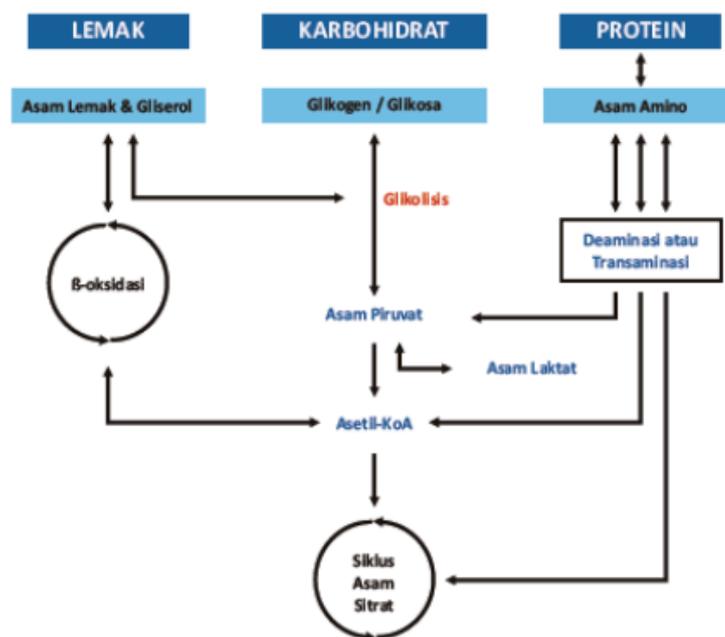
Sebelum merencanakan untuk melakukan latihan olahraga aerobik perlu memperhatikan kriteria-kriteria yang berkaitan dengan dosis latihan, sebagai berikut:

1. Frekuensi ialah jumlah ulangan latihan yang dilakukan selama satu minggu. Frekuensi latihan olahraga aerobik adalah dua kali, tiga kali, atau enam kali.
2. Intensitas latihan olahraga aerobik diukur dengan cara mengukur denyut jantung maksimal. Intensitas latihan olahraga aerobik adalah enam puluh sampai delapan puluh persen berat ringannya suatu beban latihan.
3. Durasi ialah jangka waktu atau lamanya latihan yang diberikan agar memberikan manfaat. Durasi latihan olahraga aerobik adalah dua puluh sampai enam puluh menit.
4. Jenis latihan: Macam aktivitas fisik dipilih disesuaikan dengan tujuan latihan. Misalnya, bentuk latihan untuk mengembangkan kardiorespirasi ada bermacam-macam seperti: lari, sepeda, jogging, berenang, dan jalan kaki.

Pemberian beban latihan ditanggapi oleh tubuh dalam bentuk respon. Dosis latihan yang tepat harus memperhatikan frekuensi, intensitas, dan durasi, namun dosis latihan yang tidak tepat dan dilakukan secara berlebihan dapat menimbulkan beberapa efek. Efek-efek dari dosis yang tidak tepat dan latihan olahraga aerobik dilakukan secara berlebihan, antara lain: penurunan berat badan yang berlebihan, kehilangan kelebihan lemak tubuh, peningkatan denyut jantung istirahat, penurunan kekuatan otot, peningkatan denyut jantung submaksimal, nyeri otot kronis, kelelahan, rentan terkena infeksi, insomnia.

D. Proses Metabolisme Aerobik Saat Melakukan Latihan

Proses metabolisme energi secara aerobik merupakan proses metabolisme yang membutuhkan kehadiran oksigen (O_2) agar prosesnya dapat berjalan dengan sempurna untuk menghasilkan ATP. Pada saat berolahraga, kedua simpanan energi tubuh yaitu simpanan karbohidrat (glukosa darah, glikogen otot dan hati) serta simpanan lemak dalam bentuk trigeliserida akan memberikan kontribusi terhadap laju produksi energi secara aerobik di dalam tubuh. Namun bergantung terhadap intensitas olahraga yang dilakukan, kedua simpanan energi ini dapat memberikan jumlah kontribusi yang berbeda. Secara singkat proses metabolisme energi secara aerobik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Metabolisme Aerobik dalam Latihan

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk meregenerasi ATP, tiga simpanan energi akan digunakan oleh tubuh yaitu simpanan karbohidrat (glukosa, glikogen), lemak dan juga protein. Di antara ketiganya, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber energi utama saat berolahraga. Atlet dengan latihan berat, memerlukan *energy expenditure* 2 – 3 kali lebih besar dari individu yang tidak berlatih.

E. Keuntungan Dan Kekurangan Produksi Energi Proses Metabolisme Aerobik Saat Melakukan Latihan

Keuntungan dan kekurangan produksi energi pada aerobik dan anaerobik dapat dilihat pada tabel berikut :

| Process | Advantages | Disadvantages |
|----------------------|---------------------------------------|--|
| Anaerobic glycolysis | Energy produced at an elevated rhythm | Limited amount of total energy produced |
| Aerobic | High volume of total energy produced | Energy produced at a low rhythm (depends on VO ₂ max) |

Proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menghasilkan ATP dengan laju yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik. Sehingga untuk gerakan-gerakan dalam olahraga yang membutuhkan tenaga yang besar dalam waktu yang singkat, proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menyediakan ATP dengan cepat namun hanya untuk waktu yang terbatas yaitu hanya sekitar \pm 90 detik. Walaupun prosesnya dapat berjalan secara cepat, namun metabolisme energi secara anaerobik hanya menghasilkan molekul ATP yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik (2 ATP vs 36 ATP per 1 molekul glukosa).

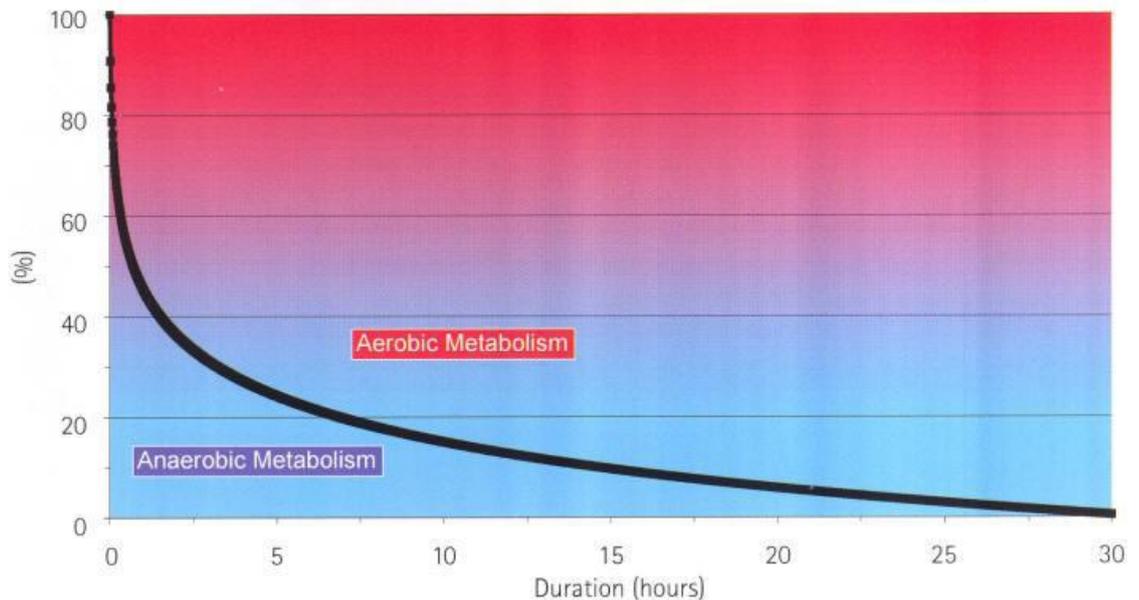
Proses metabolisme energi secara aerobik juga dikatakan merupakan proses yang bersih karena selain akan menghasilkan energi, proses tersebut hanya akan menghasilkan produk samping berupa karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Hal ini berbeda dengan proses metabolisme secara anaerobik yang juga akan menghasilkan produk samping berupa asam laktat yang apabila

terakumulasi dapat menghambat kontraksi otot dan menyebabkan rasa nyeri pada otot. Hal inilah yang menyebabkan mengapa gerakan-gerakan bertenaga saat berolahraga tidak dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang panjang dan harus diselingi dengan interval istirahat. Ketika melakukan latihan fisik, otot-otot tubuh, sistem jantung, dan sirkulasi darah serta pernapasan diaktifkan. Pada awal latihan olahraga aerobik sumber utama yang dipergunakan 2 jam awal *exercise* adalah glukosa yang berasal dari glikogen di otot-otot. Apabila latihan terus dilanjutkan maka sumber tenaga dari glikogen otot berkurang, selanjutnya akan terjadi pemakaian glukosa darah dan asam lemak bebas.

Makin ditingkatkan porsi latihan maka akan meningkat pemakaian glukosa yang berasal dari cadangan glikogen hepar. Bila latihan dilanjutkan lagi maka sumber tenaga terutama berasal dari asam lemak bebas hasil lipolisis jaringan lemak. Protein relatif sedikit berkontribusi dalam menghasilkan ATP ($< 5\%$ dari total energi untuk aktivitas). Pemakaian glikogen otot meningkat tajam seiring dengan meningkatnya latihan. Pada menit ke 40, penggunaan glukosa mencapai 7 sampai 20 kali dibanding istirahat, tergantung intensitas *exercise* yang dilakukan. Pada latihan dengan intensitas tinggi akan terjadi deplesi glikogen otot. Intensitas latihan 50, 75, 100% VO_2 max akan menyebabkan terjadinya glikogenolisis sebesar 0,7, 1,4, dan 3,4 mmol/kg bb/menit.

Jadi jumlah bahan yang dibakar tergantung dari intensitas/derajat dan lamanya latihan serta kondisi fisik seseorang. Semua aktivitas fisik memerlukan energi. Kebutuhan energi yang diperlukan bervariasi sesuai dengan derajat kegiatan/aktivitas yang kita lakukan, sebagai contoh dengan jalan kaki 18 menit/km (santai), 10 menit/km, 8 menit/km dan 5 menit/km untuk berat badan 50 kg memerlukan energi masing-masing 2 kal/menit, 5 kal/menit, 6 kal/menit dan 10 kal/menit.

Perbandingan produksi energi pada metabolisme aerobik dan anaerobik hubungannya dengan durasi waktu dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Persentase perbandingan metabolisme aerobik dan metabolisme anaerobik selama latihan

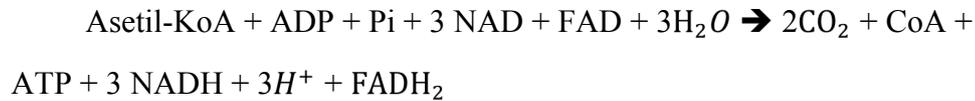
E. Proses Pemabakaran Karbohidrat Pada Saat Melakukan Latihan

Secara singkat proses metabolime energi dari glukosa darah atau juga glikogen otot akan berawal dari karbohidrat yang dikonsumsi. Semua jenis karbohidrat yang dikonsumsi oleh manusia baik itu jenis karbohidrat kompleks (nasi, kentang, roti, singkong dsb) ataupun juga karbohidrat sederhana (glukosa, sukrosa, fruktosa) akan terkonversi menjadi glukosa di dalam tubuh. Glukosa yang terbentuk kemudian dapat tersimpan sebagai cadangan energi sebagai glikogen di dalam hati dan otot serta dapat tersimpan di dalam aliran darah sebagai glukosa darah atau dapat juga dibawa ke dalam sel-sel tubuh yang membutuhkan.

Di dalam sel tubuh, sebagai tahapan awal dari metabolime energi secara aerobik, glukosa yang berasal dari glukosa darah ataupun dari glikogen otot akan mengalami proses glikolisis yang dapat menghasilkan molekul ATP serta menghasilkan asam piruvat. Di dalam proses ini, sebanyak 2 buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila sumber glukosa berasal dari glukosa darah dan sebanyak 3 buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila glukosa berasal dari glikogen otot. Setelah melalui proses glikolisis, asam piruvat yang dihasilkan kemudian akan diubah menjadi Asetil-KoA di dalam mitokondria.

Proses perubahan dari asam piruvat menjadi Asetil-KoA akan berjalan dengan ketersediaan oksigen serta akan menghasilkan produk samping berupa NADH yang juga dapat menghasilkan 2-3 molekul ATP. Upaya untuk

memenuhi kebutuhan energi bagi sel-sel tubuh, Asetil-KoA hasil konversi asam piruvat kemudian akan masuk ke dalam siklus asam-sitrat untuk kemudian diubah menjadi karbon dioksida (CO₂), ATP, NADH dan FADH melalui tahapan reaksi yang kompleks. Reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses yang telah disebutkan dapat dituliskan melalui persamaan reaksi sederhana sebagai berikut:



Setelah melewati berbagai tahapan proses reaksi di dalam siklus asam sitrat, metabolisme energi dari glukosa kemudian akan dilanjutkan kembali melalui suatu proses reaksi yang disebut sebagai proses fosforlasi oksidatif. Dalam proses ini, molekul NADH dan juga FADH yang dihasilkan dalam siklus asam sitrat akan diubah menjadi molekul ATP dan H₂O. Dari 1 molekul NADH akan dapat dihasilkan 3 buah molekul ATP dan dari 1 buah molekul FADH akan dapat menghasilkan 2 molekul ATP. Proses metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran glukosa/glikogen secara total akan menghasilkan 38 buah molukul ATP dan juga akan menghasilkan produk samping berupa karbon dioksida (CO₂) serta air (H₂O). Persamaan reaksi sederhana untuk menggambarkan proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :



F. Proses Pembakaran Lemak Pada Saat Melakukan Latihan

Langkah awal dari metabolisme energi lemak adalah melalui proses pemecahan simpanan lemak yang terdapat di dalam tubuh yaitu trigeliserida. Trigeliserida di dalam tubuh akan tersimpan di dalam jaringan adipose (*adipose tissue*) serta di dalam sel-sel otot (*intramuscular triglycerides*). Melalui proses yang dinamakan lipolisis, trigeliserida yang tersimpan akan dikonversi menjadi asam lemak (*fatty acid*) dan gliserol. Pada proses ini, untuk setiap 1 molekul trigeliserida akan terbentuk 3 molekul asam lemak dan 1 molekul gliserol . Kedua molekul yang dihasilkan melalui proses tersebut kemudian akan mengalami jalur metabolisme yang berbeda di dalam tubuh.

Gliserol yang terbentuk akan masuk ke dalam siklus metabolisme untuk diubah menjadi glukosa atau juga asam piruvat. Sedangkan asam lemak yang terbentuk akan dipecah menjadi unit-unit kecil melalui proses yang dinamakan β -oksidasi untuk kemudian menghasilkan energi (ATP) di dalam mitokondria sel. Proses β -oksidasi berjalan dengan kehadiran oksigen serta membutuhkan adanya karbohidrat untuk menyempurnakan pembakaran asam lemak. Pada proses ini, asam lemak yang pada umumnya berbentuk rantai panjang yang terdiri dari ± 16 atom karbon akan dipecah menjadi unit-unit kecil yang terbentuk dari 2 atom karbon. Tiap unit 2 atom karbon yang terbentuk kemudian dapat mengikat kepada 1 molekul KoA untuk membentuk asetil KoA. Molekul asetil-KoA yang terbentuk kemudian akan masuk ke dalam siklus asam sitrat dan diproses untuk menghasilkan energi seperti halnya dengan molekul asetil-KoA yang dihasil melalui proses metabolisme energi dari glukosa/ glikogen.

G. Manfaat Latihan Olahraga Aerobik Terhadap Kebugaran Fisik

Manfaat bagi jantung ialah jantung bertambah besar, sehingga daya tampung lebih besar dan denyut nadi (stroke volume) menjadi kuat. Hal ini terjadi karena saat latihan terjadi peningkatan tuntutan oksigen di otot aktif menjadi meningkat, lebih banyak zat gizi digunakan, dan proses metabolisme dipercepatkan, serta menghasilkan sisa metabolisme. Terjadi respon, seperti peningkatan kontraktibilitas miokard, peningkatan curah jantung yang juga berdampak pada tekanan darah sistolik meningkat, peningkatan denyut jantung, peningkatan tekanan darah dan respon perifer termasuk vasokonstriksi umum pada otot-otot dalam keadaan istirahat, ginjal, hati, limpa, dan daerah-daerah plangkikus ke otot-otot kerja. Setelah latihan secara teratur, terjadi penurunan denyut nadi saat istirahat. Efisiensi kerja dari tiap denyut jantung (stroke volume), sehingga terjadi penurunan frekuensi denyut jantung yang ditandai dengan penurunan denyut nadi saat istirahat.

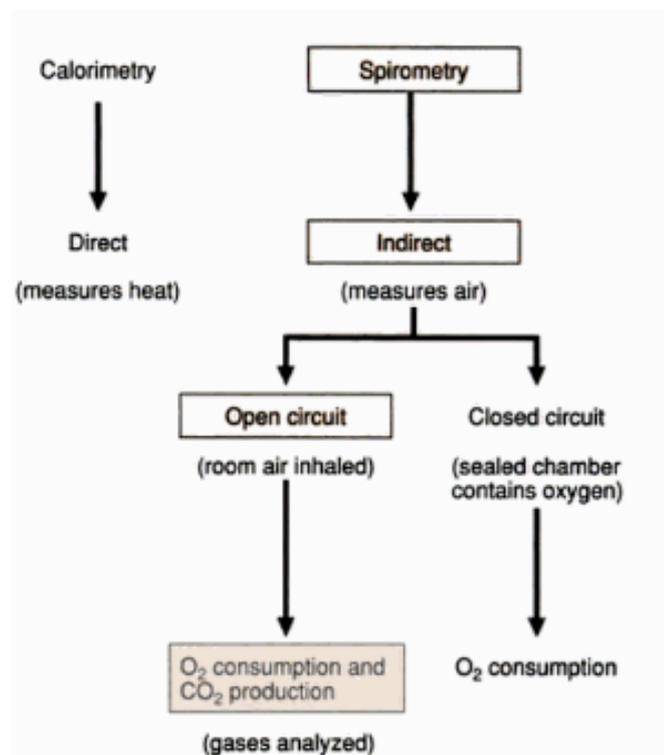
Manfaat bagi pembuluh darah, pembuluh darah bertambah elastis karena berkurangnya timbunan lemak akibat cadangan lemak lebih banyak dibakar. Efek positif pada keadaan tersebut membuat kadar LDL atau Low Density Lipoprotein akan menurun, kadar HDL atau High Density Lipoprotein meningkat, sehingga berat badan relatif proporsional. Elastisitas pembuluh darah bertambah, karena adanya penambahan kontraktibilitas otot di dinding

pembuluh darah.25 Manfaat untuk paru, elastisitas paru bertambah, sehingga kemampuan paru-paru untuk berkembang kempis menjadi bertambah.

H. Pengukuran Metabolisme Energi

tujuan utama dari pengukuran metabolisme aerobik adalah untuk mengetahui berapa banyak kebutuhan energi yang diperlukan untuk melakukan aktifitas. Ada beberapa cara untuk melakukan pendekatan utama. Untuk mengetahui pendekatan tersebut, ada dua aspek pertimbangan dari metabolisme aerobik: pertama, kebutuhan oksigen, kedua panas yang dihasilkan. Adapun metabolisme aerobik yang dapat dinilai adalah pengukuran oksigen atau produksi panas. Penggunaan oksigen diukur dengan spirometry, dan penghasil panas diukur menggunakan kalorimetri.

Faktor utama yang membatasi bentuk latihan yang bersifat aerobik adalah kapasitas jantung, paru, dan sirkulasi untuk menyampaikan oksigen ke otot yang sedang bekerja. Untuk mengetahui besarnya konsumsi oksigen maksimal, harus diketahui terlebih dahulu berapa banyak oksigen yang dihirup dan dihembuskan. Perbedaan diantara keduanya itulah merupakan jumlah oksigen yang dikonsumsi dan digunakan oleh sistem transpor elektron dan mitochondria untuk menghasilkan energi yang diperlukan oleh jaringan-jaringan otot yang aktif.



Gambar 3. Pengukuran metabolisme aerobik

Dalam keadaan istirahat, konsumsi oksigen maksimal sekitar 0,25 L/menit, jumlah ini dapat meningkat sebanyak 10 bahkan 20 kali (menjadi 2,5 – 5 L/menit) apabila seseorang melakukan latihan daya tahan yang berat. Ketika melakukan latihan maksimal, seorang perempuan dewasa muda mengkonsumsi oksigen 2,3 L/menit, sedangkan laki-laki dewasa muda sekitar 3,4 L/menit. Meningkatnya konsumsi oksigen maksimal bergantung kepada beberapa faktor, seperti sifat latihan fisik, umur, dan jenis kelamin.

Karena oksigen dipergunakan oleh semua jaringan tubuh, maka orang yang memiliki tubuh lebih besar juga memiliki konsumsi oksigen maksimal yang lebih besar dibandingkan dengan orang yang memiliki ukuran tubuh lebih kecil, baik pada waktu istirahat maupun latihan. Karena itu ukuran tubuh merupakan dasar bagi pengukuran nilai konsumsi oksigen maksimal, dan biasanya dinyatakan dalam mililiter oksigen per kilogram berat badan.

I. Kesimpulan

Secara ringkas, sistem metabolisme energi untuk menghasilkan ATP dapat berjalan secara aerobik (dengan oksigen) dan secara anaerobik (tanpa oksigen). Kedua proses ini dapat berjalan secara simultan di dalam tubuh saat berolahraga. Pada aktivitas-aktivitas olahraga yang membutuhkan energi besar dalam waktu yang cepat atau pada olahraga dengan intensitas tinggi. Pada cabang-cabang olahraga dengan intensitas rendah-sedang yang memiliki komponen aerobik tinggi seperti jogging, maraton, triathlon atau juga bersepeda jarak jauh, metabolisme energi tubuh akan berjalan secara aerobik dengan kehadiran oksigen melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan protein.

Pada olahraga beregu yang merupakan kombinasi antara aktivitas intensitas tinggi dan aktivitas intensitas rendah, metabolisme energi juga akan berjalan secara aerobik dan anaerobik dan juga menggunakan sumber-sumber energi yang sama yaitu phosphocreatine (PCr), karbohidrat, lemak dan juga protein. Diantara semua bentuk simpanan energi yang terdapat di dalam tubuh, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber zat gizi utama yang akan digunakan untuk menyediakan energi bagi kontraksi otot. Keduanya akan menjadi sumber energi utama bagi tubuh saat berolahraga yang persentase

kontribusinya terhadap produksi energi akan ditentukan oleh intensitas olahraga serta lamanya waktu berolahraga.

Bentuk simpanan energi di dalam tubuh yang merupakan penentu performa pada saat berolahraga yaitu simpanan karbohidrat dapat diproses melalui 2 jalur metabolisme baik yaitu melalui pembakaran glukosa/glikogen (secara aerobik) maupun melalui glikolisis glukosa/glikogen (secara anaerobik) untuk menghasilkan ATP. Sedangkan simpanan lemak yang terdapat di dalam tubuh hanya dapat diproses secara aerobik untuk menghasilkan ATP, dimana proses ini juga akan membutuhkan ketersediaan karbohidrat agar proses pembakarannya menjadi sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Benardot, D. *Advanced Sport Nutrition*. Human Kinetics, Champaign, II. 2006.
2. Jeukendrup, A. & Gleeson, M. *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance*. Human Kinetics, Champaign, II. 2004
3. McArdle WD, Katch FI, and Katch VL. *Essentials of Exercise Physiology*. 3rd edition. Baltimore, New York: Lippincott William & Wilkins; 2006.
4. Plowman, Sharon A. & Denise L. Smith. *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Second Edition. New York. 2008.
5. Permana, Dhias FW. *Pengaruh Latihan Aerobic Class dan Bodi Language terhadap Penurunan Persentase Lemak Tubuh*. Universitas Negeri Semarang. 2014. Jurnal media Ilmu Keolahragaan Indonesia Volume 4.
6. Elsevier, Churchill Livingstone. *Sport Specific Rehabilitation*. United States Of America. 2007.
7. Hermawati. *Produksi Asam Laktat Pada Exercise Aerobik dan Anaerobik*. Bandung.
8. Fenanlampir, Albertus. & Muhammad Muhyi Faruq. *Tes dan Pengukuran dalam Olahraga*. Yogyakarta. 2015.
9. Hargreaves, Mark. & Lawrence Spriet. *Exercise Metabolism Second Edition*. United States of America. 2006.
10. Palar, Chrisly M., dkk. *Manfaat Latihan Olarga Aerobik Terhadap Kebugaran Fisik Manusia*. Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. 2015.
11. Irawan, M. Anwari. *Metabolisme Energi Tubuh & Olahraga*. Volume 1 2007.
12. Schulte, Patricia M. *The Effect of Temperature on Aerobic Metabolism: Towards a Mechanistic Understanding of the Response of Ectotherms to a Changing Environment*. The Journal of Experimental Biology. 2015.
13. Lucas, J., et al. *Allometric Relationship Between Body Mass and Aerobic Metabolism in Zebrafish Danio Rerio*. Journal of Fish Biology. 2013.
14. Thomas, Jith K., et al. *Effects of Chronic Dietary Selenomethionine Exposure on Repeat Swimming Performance, Aerobic Metabolism and methionine Catabolism in Adult Zebrafish*. Canada. 2013.