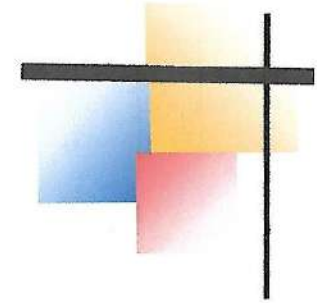




KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
PROGRAM STUDI S1 ILMU KEOLAHRAGAAN



SERTIFIKAT

No.2298/PP.08.03/2011

diberikan kepada

Dra. Martini, M.Pd.

sebagai

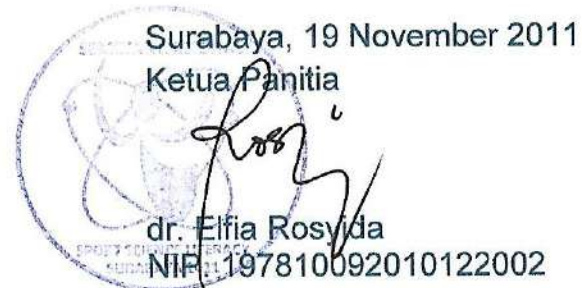
Pemakalah

Pada Seminar Nasional Ilmu Keolahragaan dengan tema ***Sport Scientific Literacy***
tanggal 19 November 2011, di Auditorium FIK Universitas Negeri Surabaya



Mengetahui,
Dekan FIK Unesa

Dr. Agus Hariyanto, M.Kes.
NIP. 196708161992031002



Surabaya, 19 November 2011
Ketua Panitia

dr. Elfia Rosyida
NIP. 197810092010122002

PERANAN ILMU KIMIA DALAM *SPORT SCIENCE*

Martini

Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi FIK Unesa

Abstrak: Banyak fenomena di dunia olahraga tidak lepas dari konsep-konsep kimia. Salah satunya adalah untuk mengembangkan performa seorang atlet, misal pelari maraton sehingga dapat berlatih dan mempersiapkan diri dalam suatu kompetisi, kita harus memperhatikan sistem energi otot, yang dapat diukur melalui tes ambang laktat darah. Untuk memahami tes ini, konsep-konsep kimia diperlukan untuk menjelaskan bagaimana tubuh mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam bahan makanan menjadi energi yang membuat otot berkontraksi.

Kata kunci: ilmu kimia, *sport science*.

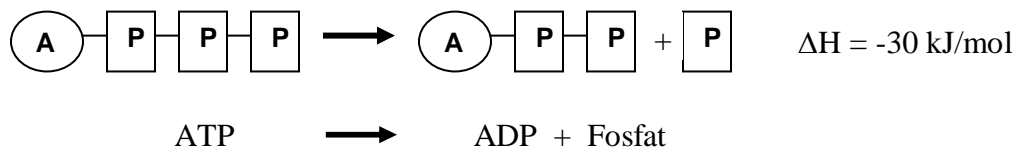
Prodi S1 Ilmu Keolahragaan (IKOR) merupakan prodi berbasis IPA pada Fakultas Ilmu Keolahragaan Unesa. Oleh sebab itu, salah satu matakuliah berbasis IPA seperti kimia, memberikan dasar-dasar ilmu kimia untuk dapat memahami bidang ilmu keolahragaan (*sport science*). Sebagai contoh, untuk memahami sistem energi otot, kita harus memahami konsep kimia seperti konsep mol, reaksi oksidasi, reaksi sintesis, kesetimbangan kimia, bioenergetika, laju reaksi, ikatan kimia, asam-basa, serta senyawa organik. Contoh lain, untuk dapat menjelaskan tentang sifat radikal bebas di darah, maka kita harus memahami tentang konsep elektron, dan sebagainya.

Peranan ilmu kimia dalam *sport science*, dapat dijelaskan melalui salah satu contoh bagaimana seorang pelari marathon dapat berlatih dan mempersiapkan diri dalam suatu kompetisi, dan bahkan memonitor performa selama kompetisi, melalui tes ambang batas laktat darah (*the blood lactate threshold*). Untuk memahami tes laktat darah pada sistem energi otot (*the muscle energy system*), kita perlu mengetahui sesuatu tentang kimia, yaitu bagaimana tubuh mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam bahan makanan menjadi energi yang membuat otot berkontraksi.

SISTEM ENERGI OTOT

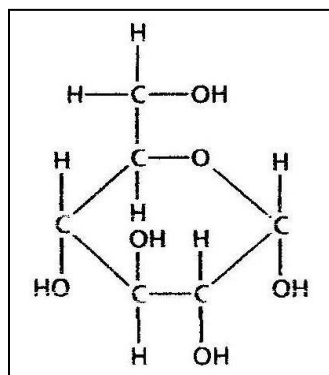
Energi yang diperlukan saat otot berkontraksi berasal dari sebuah senyawa yang disebut adenosin trifosfat (ATP). Dalam ATP, senyawa organik adenosin berikatan dengan tiga fosfat,

sebagai penyimpan energi. Saat satu fosfat dilepaskan, sehingga terbentuk adenosin difosfat (ADP) maka sejumlah energi akan dilepaskan, sebesar 30 kJ/mol energi (lihat Gambar 1). Pada reaksi ini, energi yang dihasilkan digunakan untuk kontraksi otot.



Gambar 1. Satu fosfat lepas dari ATP

Sayangnya, kita hanya mempunyai sejumlah kecil ATP dalam otot, yang hanya cukup untuk aktivitas 2-3 detik. Bagaimana seorang sprinter dapat melengkapinya 10 detik dalam perlombaan 100 meter? atau bahkan tidak pernah terpikirkan bagaimana seorang pelari maraton melakukan aktivitas selama hampir 2 jam? Jawaban ini semua adalah ATP diregenerasi atau dibentuk kembali. Pada reaksi di atas (Gambar 1) adalah reversibel, fosfat (P) diikat kembali oleh ADP untuk menghasilkan ATP. Untuk reaksi ini dibutuhkan energi sebesar 30 kJ/mol. Energi berasal dari pemecahan molekul bahan makanan, seperti karbohidrat (misal glukosa, Gambar 2), lemak, dan protein. Sumber utama adalah karbohidrat. Molekul ini menyimpan sejumlah energi (1 mol glukosa = 180 g) yang dapat dilepaskan, sekitar 3000 kJ saat bereaksi dengan oksigen. Tubuh melepaskan energi secara bertahap melalui siklus ATP/ADP.

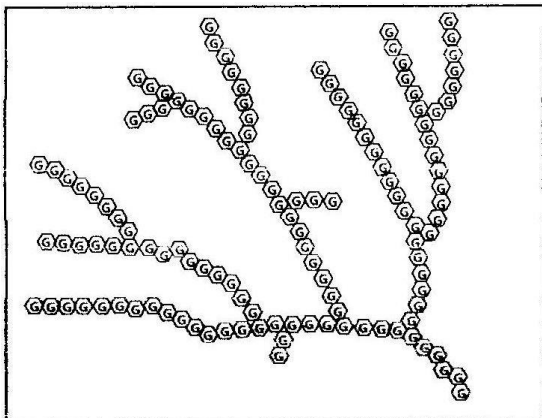


lebih sederhana digambarkan sebagai



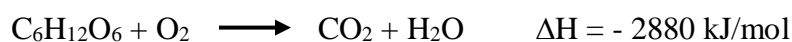
Gambar 2. Molekul Glukosa

Glukosa disimpan dalam otot sebagai karbohidrat yang disebut glikogen, yang terdiri dari banyak molekul glukosa yang terikat satu sama lain (Gambar 3). Beberapa atlet daya tahan merasa yakin bahwa mereka mempunyai persediaan glikogen yang lebih baik untuk kompetisinya melalui *karbohidrat loading*. Mereka makan sejumlah karbohidrat (nasi, roti, atau kentang, dan sebagainya) pada beberapa hari sebelum kompetisi.



Gambar 3. Molekul Glikogen

Tubuh mempunyai dua cara untuk melepaskan energi dari molekul glukosa. Cara pertama, **respirasi aerob** (cukup oksigen). Oksigen digunakan untuk membakar glukosa menjadi karbondioksida dan air. Persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.



Cara kedua, **respirasi anaerob** (sedikit oksigen), glukosa dipecah menjadi dua molekul asam laktat (Gambar 4).

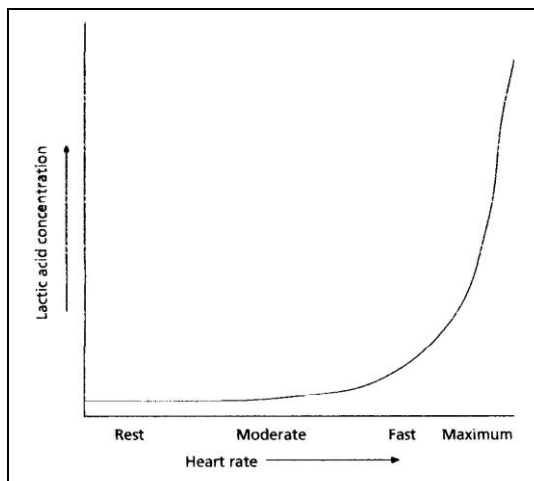


Respirasi aerob adalah sumber utama untuk penyediaan energi. Hal itu bergantung pada pasokan oksigen yang terus menerus melalui aliran darah. Dalam jangka pendek, aktivitas intensitas tinggi, seperti lari sprint, aliran darah tidak dapat mensuplai oksigen cukup cepat pada respirasi aerob (**oxygen debt**), sehingga tubuh bergeser pada respirasi anaerob. Asam laktat terbentuk pada otot sehingga timbul kelelahan. Untuk menetralkan asam laktat dari tubuh, dibutuhkan waktu 30-40 menit sesudah periode latihan intensitas tinggi.

Beberapa atlet berupaya untuk menunda kelelahan yang disebabkan oleh asam laktat dengan '**bicarb loading**'. Sebelum kompetisi, mereka mengkonsumsi sejumlah sodium hidrogenkarbonat (NaHCO_3), atau sering disebut natrium bikarbonat. Senyawa tersebut adalah basa, sehingga membuat darah lebih alkali. Natrium bikarbonat bereaksi dengan asam laktat, sehingga dapat menetralkan asam laktat dalam otot lebih cepat. Beberapa efek yang menguntungkan telah dipublikasikan, tetapi efek samping dari upaya ini adalah menyebabkan **diarrhoea**, kram lambung, **nausea** yang memberikan kondisi tidak baik untuk melakukan kompetisi olahraga.

AMBANG BATAS LAKTAT DARAH

Konsentrasi asam laktat dalam darah dapat diukur menggunakan tes *accu-lactate*. Sampel darah diteteskan pada alat, dan akan ditampilkan data dalam monitor. Kadar asam laktat normal dalam darah adalah $0,00045 - 0,09 \text{ g/dm}^3$, tetapi angka ini dapat meningkat sebesar $2,25 \text{ g/dm}^3$ sesudah latihan intensitas tinggi, seperti lari sprint 400 meter. Gambar 4 menunjukkan grafik konsentrasi asam laktat dalam darah dengan *heart rate* saat istirahat hingga intensitas latihan yang makin meningkat.



Gambar 4. Konsentrasi asam laktat darah

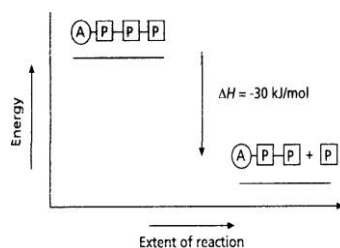
Ambang batas laktat darah adalah *heart rate* saat asam laktat mulai terbentuk dalam darah. Ini adalah titik di mana respirasi anaerob terjadi. Untuk atlet daya tahan, seperti pelari maraton, ambang batas laktat darah ini adalah sangat penting. Mereka bergantung pada produksi energi aerob untuk mempertahankan tingkat ATP mereka pada periode yang lebih panjang. Jika asam laktat terbentuk, mereka telah pindah pada produksi energi anaerob yang dapat berlangsung untuk waktu singkat. Mereka harus menjaga denyut jantung melalui intensitas latihan di bawah ambang batas ini untuk mempertahankan aktivitas mereka pada periode yang lebih panjang. Jika atlet mengetahui ambang batas laktat darahnya, mereka dapat menjaga *heart ratenya* di bawah ambang batas tersebut selama kompetisi. Banyak atlet memonitor *denyut jantung* mereka selama latihan dan kompetisi untuk mencapai hal ini.

Latihan yang sesuai dapat meningkatkan ambang batas laktat darah. Untuk atlet tidak terlatih, adalah 65 persen dari *denyut jantung* maksimum, sedangkan atlet daya tahan yang

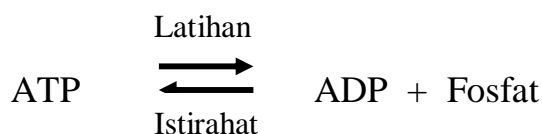
terlatih dapat mencapai 90 persen dari *denyut jantung* maksimumnya. Dengan melihat pada Gambar 4, ubahlah ambang batas laktat darah dan lukiskan grafik yang anda harapkan untuk atlet daya tahan yang terlatih!

PEMBAHASAN

Peranan ilmu kimia dalam memahami sistem energi otot, dimulai dari mengenal senyawa-senyawa organik dalam tubuh, seperti ATP dan karbohidrat yang berfungsi sebagai sumber energi. Saat beraktivitas di mana otot akan berkontraksi, kebutuhan energi diperoleh dari penguraian ATP menjadi ADP dan Fosfat. Pada keadaan ini, energi akan dilepaskan sebesar 30 kJ/mol. Diagram tingkat energi dapat ditunjukkan pada Gb. 5 sebagai berikut.



Diagr **Gambar 5**. Diagram tingkat energi penguraian ATP aksi eksotermik (pelepasan energi). Energi reaktan lebih tinggi daripada energi produk. Pada reaksi sebaliknya, pembentukan ATP dari ADP dan Fosfat, energi produk lebih tinggi daripada energi reaktan, sehingga reaksinya adalah endotermik (membutuhkan energi, 30 kJ/mol). Kedua reaksi di atas, merupakan reaksi reversibel (kesetimbangan), yang dapat digambarkan sebagai berikut.



Ketika suplai energi oleh ATP tidak mencukupi, maka energi diperoleh dari glukosa darah melalui proses oksidasi. Untuk dapat menuliskan proses ini, maka harus paham tentang reaksi kimia dan persamaannya.



Pertanyaannya, berapa ATP yang dapat dihasilkan dari proses oksidasi 1 mol glukosa dalam respirasi anaerob dan aerob? Pada respirasi anaerob, ketersediaan oksigen terbatas,

sehingga energi yang dapat dihasilkan hanya 2 ATP. Pada respirasi aerob, jika efisiensinya 100 persen, akan dihasilkan (2880/30) atau sama dengan 96 ATP. Faktanya, proses hanya mempunyai efisiensi 40 %, sehingga ATP yang dihasilkan hanya 38 ATP. Mengapa bisa demikian? Hal ini dapat dijelaskan bila kita memahami tentang energetika kimia.

Dalam energetika kimia, energi yang dihasilkan dari suatu reaksi, kita kenal dengan kalor reaksi (*entalpi*, ΔH). Kalor ini tidak semuanya bisa dimanfaatkan. Sebagian besar hilang dalam bentuk energi panas yang keluar dari tubuh melalui proses penguapan, atau untuk yang lainnya. Energi ini kita kenal sebagai *entropi*, ΔS . Entropi adalah ukuran ketidakteraturan sistem. Makin tinggi ketidakteraturan sistem, maka makin besar energi yang hilang, sehingga energi yang dapat dimanfaatkan atau ditangkap menjadi makin kecil, atau sekitar 40 %. Energi yang dapat ditangkap ini berupa *energi bebas gibbs*. Perubahan energi bebas (ΔG), merupakan kerja berguna maksimum yang dapat dihasilkan dalam suatu proses. Pada oksidasi bahan makanan dalam sel, perubahan energi bebas ditangkap dan disimpan dalam bentuk ikatan fosfat, ATP (Erman, 2007)

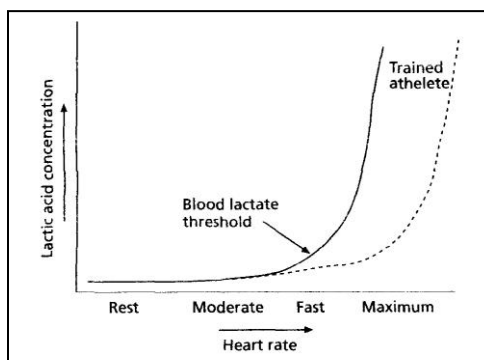
Saat aktivitas terus berlanjut, untuk mengisi kekosongan glukosa darah, glikogen diubah menjadi glukosa melalui proses glukogenesis, dan bila glukosa sudah tidak diperlukan, untuk mempertahankan kadar gula darah dalam jumlah normal, glukosa disimpan kembali sebagai glikogen. Reaksi ini merupakan reaksi sintesis, dan prosesnya disebut glikogenesis.

Untuk kedua proses di atas, berlangsung dalam kondisi aerob. Ketersediaan oksigen yang terbatas, dapat menyebabkan atlet berpindah ke dalam kondisi anaerob. Jika ini terjadi, maka pembentukan asam laktat tidak dapat dihindarkan. Terakumulasinya asam laktat di darah dapat membahayakan, karena dapat menurunkan derajat keasaman (pH) darah.

Tubuh mempunyai sistem buffer yang dapat meng*counter* kelebihan asam tadi, tetapi sistem buffer ini mempunyai kapasitas kerja maksimum. Buffer bikarbonat dapat meng*counter* kelebihan asam 20 kalinya dan untuk buffer fosfat hanya 5 kalinya (Erman, 2007). Ketika sistem buffer sudah mencapai kapasitas kerja maksimum, maka kelebihan asam tidak dapat di*counter* lagi.

Kemampuan mentoleransi asam laktat antara atlet dengan non atlet adalah berbeda. Walaupun atlet dapat mentoleransi jumlah asam laktat lebih tinggi (sekitar 11 mmol/L) daripada non atlet (4 mmol/L), tetap diperlukan sebuah perencanaan agar ambang batas laktat darah yang diharapkan untuk atlet dapat lebih tinggi. Terkait dengan pertanyaan di atas, bagaimana

mengubah ambang batas laktat darah ini? dan bagaimana gambaran grafik yang diharapkan untuk atlet daya tahan yang terlatih. Ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Pada gambar **Gambar 6**. Pergeseran konsentrasi asam laktat darah diharapkan ambang batas laktat darah baru dicapai ketika intensitas latihan sudah bergeser ke maksimum.

Salah satu konsep kimia yang juga penting terkait dengan hal di atas adalah konsep mol yang dapat menjelaskan tentang bagaimana konsentrasi kadar asam laktat dalam satuan g/dm^3 (seperti tertulis di atas, *konsentrasi kadar asam laktat normal dalam darah adalah 0,00045 – 0,09 g/dm^3*) dapat dikonversi ke dalam satuan mmol/L sesuai satuan yang terdapat pada alat ukur *accu lactate*. Jika kita memahami **konsep mol**, maka kita dapat menjelaskan pengkonversian satuan konsentrasi g/dm^3 menjadi mmol/L , melalui rumus: $\text{mol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}}$.

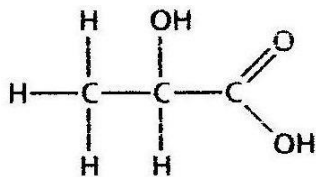
Di sini perlu diketahui dahulu nilai Mr (*massa molekul relatif*) dari asam laktat, yang mempunyai rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ adalah 90, yang diperoleh dari nilai Ar (*massa atom relatif*) unsur C = 12, H = 1, dan O = 16.

Dengan menggunakan rumus di atas, maka diperoleh nilai kadar asam laktat normal dalam darah adalah **0,005 s.d. 1 mmol/L** .

$$\text{mmol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} = \frac{0,00045}{90} \times 1000 = 0,005, \text{ sampai dengan}$$

$$\text{mmol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} = \frac{0,09}{90} \times 1000 = 1$$

Rumus struktur asam laktat,



SIMPULAN DAN SARAN

Untuk atlet daya tahan yang terlatih, ambang batas laktat darah baru dicapai ketika intensitas latihan sudah bergeser ke maksimum.

Untuk memahami fenomena-fenomena pada bidang *sport science*, maka ilmu-ilmu dasar harus diketahui dan dipahami, seperti kimia dan biologi yang menjadi dasar untuk memahami metabolisme di dalam tubuh, serta fisika sebagai dasar untuk memahami analisis gerak. Dengan ilmu-ilmu dasar ini, kita dapat mengkaji *sport science* lebih dalam dan lebih luas.

PUSTAKA

- Erman, 2002. *Dasar dasar Ilmu Kimia Ilmu Keolahragaan*, Surabaya: Unesa University Press.
Erman, 2007. *Dasar-dasar Biokimia Olahraga*, Unesa University Press.
Mark. Holmes.1998. *Chemistry and Sport*. Royal Australian Chemical Institut.