



Jurnal Ilmu **KEOLAHRAGAAN**

Kemampuan Dasar Analisis Keolahragaan Mahasiswa dan Upaya Pengembangannya

Analisis Gerak Tendangan Sabit pada Cabang Olahraga Pencak Silat

Cedera Persendian Lutut pada Atlet

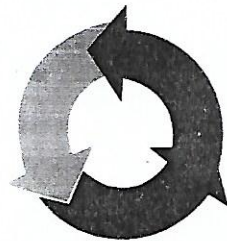
Peran Asam Laktat pada Nyeri Otot Rangka Setelah Latihan Fisik

Studi tentang Jenis Penelitian Skripsi Mahasiswa Ilmu Keolahragaan yang Berkategori Analisis Gerak

Bagaimana Mendapatkan dan Menggunakan Dartfish untuk Analisis Biomekanika Olahraga

Derajat Keasaman (pH) Darah Selama Proses Latihan

Jurnal Ikor	Vol. 7	No. 1	Hlm. : 1 - 54	Februari 2012	ISSN: 1693 - 9921
----------------	--------	-------	---------------	------------------	----------------------



**Jurnal
Ilmu
KEOLAHRAGAAN**

Kemampuan Dasar Analisis Keolahragaan Mahasiswa dan Upaya Pengembangannya

Analisis Gerak Tendangan Sabit pada Cabang Olahraga Pencak Silat

Cedera Persendian Lutut pada Atlet

Peran Asam Laktat pada Nyeri Otot Rangka Setelah Latihan Fisik

Studi tentang Jenis Penelitian Skripsi Mahasiswa Ilmu Keolahragaan
yang Berkategori Analisis Gerak

Bagaimana Mendapatkan dan Menggunakan Dartfish untuk Analisis Biomekanika
Olahraga

Derajat Keasaman (pH) Darah Selama Proses Latihan

Jurnal Ikor	Vol. 7	No. 1	Hlm. : 1 - 54	Februari 2012	ISSN: 1693 - 9921
----------------	--------	-------	---------------	------------------	----------------------

JURNAL ILMU KEOLAHRAGAAN

Jurnal ini terbit dua kali setahun pada bulan Februari dan Agustus berisi tulisan ilmiah tentang Ilmu Keolahragaan, baik yang ditulis dalam bahasa Indonesia maupun dalam bahasa Inggris. Tulisan yang dimuat dapat berupa hasil penelitian, analisis, atau kajian pustaka.

Ketua Penyunting
Dr. Soetjipto, M.S.

Wakil Ketua Penyunting
Dita Yuliasitrid, S.Si. M.Kes.

Penyunting Pelaksana
Roy Januardi Irawan S.Or., M.Kes.

Penyunting Ahli
Prof. Drs. Toho Cholik Mutohir., Ph.D. (Universitas Negeri Surabaya)
Prof. Dr. M. Rusli Luthan (Universitas Pendidikan Indonesia)
Prof. Dr. Soetanto Hartono, drg., M.Sc. (Universitas Negeri Surabaya)
Dr. Sugiarto (Universitas Negeri Malang)
Prof. Dr. Winarno (Universitas Negeri Malang)
Prof. Dr. Hari Setiono (Universitas Negeri Surabaya)

Alamat Penerbit / Redaksi
Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi Program Studi Ilmu Keolahragaan FIK UNESA,
Kampus FIK-UNESA Lidah Wetan Surabaya 60213 Telp./Fax. 031-7532571

Biaya langganan jurnal Ilmu Keolahragaan per tahun sebesar Rp. 150.000,-

Jurnal Ilmu Keolahragaan menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media cetak lain. Persyaratan bagi penulis tercantum pada sampul dalam belakang

Jurnal ini diterbitkan oleh Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi Universitas Negeri Surabaya dan dicetak oleh University Press Universitas Negeri Surabaya. Isi diluar tanggung jawab percetakan.

Jurnal Ilmu Keolahragaan

Daftar Isi

Erman dan Liliastari Kemampuan Dasar Analisis Keolahragaan Mahasiswa dan Upaya Pengembangannya	1 - 7
Heri Wahyudi Analisis Gerak Tendangan Sabit Pada Cabang Olahraga Pencak Silat	8 - 15
Roy Januardi Irawan Cedera Persendian Lutut Pada Atlet	16 - 24
Dita Yuliastrid Peran Asam Laktat Pada Nyeri Otot Rangka Setelah Latihan Fisik	25 - 31
Elok Sudibyo Studi Tentang Jenis Penelitian Skripsi Mahasiswa Ilmu Keolahragaan Yang Berkategori Analisis Gerak	32 - 39
Sostijipto Bagaimana Mendapatkan Dan Menggunakan Dartfish Untuk Analisis Biomekanika Olahraga	40 - 48
Martini dan Elfia Rosyida Derajat Keasaman (pH) Darah Selama Proses Latihan	49 - 54

DERAJAT KEASAMAN (pH) DARAH SELAMA PROSES LATIHAN

Martini dan Elfia Rosyida ***

Abstract : During exercise, muscles use oxygen to convert chemical energy (glucose) into mechanical energy. Oxygen from hemoglobin (Hb) in blood, the affinity is controlled by the pH of blood. During the breakdown of glucose, CO₂ and H⁺ will be generated in the muscle, which then migrate to the blood, so it can lower blood pH. Under normal circumstances, blood pH is in the range 7.35 to 7.45. If pH < 7.35 the condition is called acidosis, and pH > 7.45 is called alkalosis. If the pH drops to 6.8 or up to 7.8 can cause death. To maintain the blood pH from acidosis or alkalosis, there are three systems in the body that play a role, the buffer system, respiratory system, and renal systems.

Key words: acidosis, alkalosis, buffer, respiratory, dan renal.

Saat ini banyak orang tertarik berolahraga/ melakukan latihan untuk meningkatkan kesehatan atau kemampuan fisik. Hanya saja latihan secara berlebihan atau tidak sesuai untuk individu tertentu, bisa jadi akan merugikan daripada menguntungkan. Latihan mempunyai efek jangka pendek (akut) dan jangka panjang. Agar latihan bermanfaat, tubuh harus mampu menangani hal ini. Beberapa efek akut utama saat latihan adalah meningkatnya denyut jantung, tekanan darah sistolik, dan *cardiac output*. Aliran darah ke otot juga meningkat. Metabolisme tubuh menjadi lebih aktif, sehingga pernapasan dipacu lebih cepat dan dalam untuk memasok oksigen yang dibutuhkan saat metabolisme meningkat.

Pada latihan berat, metabolisme tubuh akan bergeser dari kondisi aerob ke kondisi anaerob ketika suplai oksigen sudah tidak memadai. Asam

laktat mulai dihasilkan di otot, yang selanjutnya memasuki aliran darah dan menurunkan pH darah. Karbondioksida (CO₂) dan H⁺ yang dihasilkan dalam metabolisme juga akan mempengaruhi pH darah. Perubahan-perubahan kimia dalam darah, harus diikuti oleh fungsi fisiologis untuk mempertahankan komposisi kimia yang tepat di dalam sel. Oleh sebab itu, komposisi kimia dari cairan di luar sel harus tetap relatif konstan. Keadaan ini dikenal sebagai homeostasis.

Dalam keadaan homeostasis, derajat keasaman (pH) cairan tubuh yang direpresentasikan oleh pH darah harus dipertahankan dalam rentangan 7,35-7,45. Perubahan pH akan mempengaruhi kerja enzim dan fungsi organ penting seperti otak dan jantung. Enzim sebagai biokatalis yang berperan

* Dosen Pendidikan Sains FMIPA Unesa dan ** Dosen Ilmu Keolahragaan FIK Unesa

dalam mengkatalisis reaksi-reaksi kimia dalam sel, daya katalitiknya sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Enzim bekerja secara terkoordinasi, dengan urutan-urutan tertentu menghasilkan suatu hubungan yang harmonis antara beberapa aktivitas metabolisme yang berbeda untuk menopang fungsi hidup. Terganggunya kinerja enzim seringkali dapat menimbulkan gangguan terhadap aktivitas metabolisme tubuh, sehingga tubuh menjadi sakit (Erman, 2007). Oleh sebab itu, sistem pengaturan keseimbangan asam basa dalam tubuh akan bekerja untuk menyeimbangkan pH ini.

PENGATURAN KESEIMBANGAN ASAM BASA

Terdapat tiga sistem yang mengatur derajat keasaman (pH), yaitu: sistem buffer, sistem respirasi, dan sistem renal. Sistem buffer, adalah substansi yang mengkombinasikan asam dan basa, bereaksi secara langsung untuk menjaga pH, dan merupakan sistem yang menjaga keseimbangan asam-basa tubuh yang paling efisien. Buffer ini terdapat dalam darah, cairan intraseluler, dan cairan ekstraseluler. Beberapa buffer yang terpenting saat ini adalah buffer bikarbonat dan karbonat, buffer fosfat, buffer protein, dan buffer hemoglobin..

Garis pertahanan kedua dalam mempertahankan keseimbangan asam-basa yaitu sistem respirasi. Paru-paru mengatur karbondioksida (CO_2) dalam darah, yang dikombinasikan dengan H_2O untuk membentuk H_2CO_3 . Kemoreseptor pada otak mendeteksi pergantian pH dan mengatur laju dan kedalaman respirasi untuk mengatur level CO_2 . Pernapasan lebih cepat dan lebih dalam akan mengeliminasi CO_2 dari paru-paru, dan lebih sedikit H_2CO_3 yang terbentuk., sehingga pH naik. Sebaliknya, lebih lambat dan lebih dangkal pernapasan, akan mengurangi ekskresi CO_2 , sehingga pH akan turun.

Tekanan parsial dari level arterial CO_2 (PaCO_2) menunjukkan level CO_2 dalam darah. PaCO_2 normal yaitu 35 hingga 45 mm Hg. Level CO_2 yang lebih tinggi mengindikasikan *hipoventilasi* akibat pernapasan yang dangkal. Level CO_2 yang lebih rendah mengindikasikan suatu *hiperventilasi*.

Sistem respirasi, yang dapat menangani keseimbangan asam – basa, sama seperti halnya sistem buffer, bereaksi dalam hitungan menit, dengan kompensasi yang temporer. Penyesuaian jangka panjang membutuhkan sistem renal.

Sistem renal menjaga keseimbangan asam-basa dengan cara mengabsorpsi atau mengekskresikan asam dan basa. Selain itu, ginjal juga dapat memproduksi HCO_3^- untuk mengatasi persediaan yang rendah. Level HCO_3^- yang normal yaitu 22 hingga 26 meq/L. Ketika darah menjadi asam, ginjal akan mereabsorpsi HCO_3^- dan mengekskresikan H^+ . Saat darah menjadi alkali (basa), ginjal akan mengekskresikan HCO_3^- dan menahan H^+ . Ginjal dapat memberikan efek hingga 24 jam sebelum kembali ke pH yang normal.

SISTEM BUFFER

Sistem buffer adalah substansi yang mengkombinasikan asam dan basa. Sistem buffer berupa larutan yang terdiri dari campuran asam lemah dengan garamnya yang berasal dari basa kuat, atau campuran basa lemah dengan garamnya yang berasal dari asam kuat. Contohnya, campuran asam asetat (CH_3COOH) dengan natrium asetat (CH_3COONa) membentuk buffer karbonat.

Darah dan jaringan mengandung sistem buffer untuk memperkecil perubahan pH akibat penambahan asam (ion H^+) atau basa (ion OH^-). Buffer bekerja karena konsentrasi asam lemah dan garamnya sangat besar dibandingkan jumlah ion H^+ atau ion OH^- yang ditambahkan/dipindahkan. Ketika ion H^+ dari sumber eksternal bertambah pada larutan, kelebihan ion H^+ akan dicounter oleh garamnya (komponen basa dari buffer) diubah menjadi asam lemah. Jika ion OH^- yang bertambah pada larutan, maka kelebihan ion OH^- akan dicounter oleh komponen asam dari buffer, diubah menjadi garam dan air sehingga tidak terjadi perubahan pH.

Buffer mempunyai kemampuan maksimum untuk mempertahankan pH, yang disebut sebagai *kapasitas buffer*. Kapasitas maksimum dicapai saat jumlah asam lemah sama dengan jumlah garamnya. Penambahan asam atau basa yang melebihi kapasitas

buffer, akan menyebabkan perubahan pH larutan. Fungsi sistem buffer untuk mempertahankan pH merupakan bagian dari mekanisme homeostasis tubuh untuk menjaga pH.

Beberapa buffer yang terpenting saat ini adalah buffer bikarbonat dan asam karbonat, buffer fosfat, buffer protein, dan buffer hemoglobin (Erman, 2007).

1. Buffer bikarbonat-asam karbonat

Merupakan buffer terpenting dalam plasma untuk mencegah keseimbangan asam basa darah. Sistem buffer ini bekerja efektif sampai dengan pH = 7,4. Buffer ini baik untuk penambahan asam, karena dapat menetralkan asam dalam jumlah banyak. Hal ini dapat dilihat dari rasio ion bikarbonat dan asam karbonat sebesar 20, atau dapat dituliskan $[HCO_3^-] / [H_2CO_3] = 20$.

Perbandingan ion bikarbonat dan asam karbonat tergantung pada produksi CO_2 hasil oksidasi dalam sel dan pelepasan CO_2 selama respirasi.

Reaksi kesetimbangan secara simultan, ditunjukkan sebagai berikut.



$$pH \text{ plasma darah} = 6,1 + \log [20/1] = 7,4$$

2. Buffer fosfat dan buffer protein

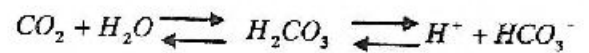
Merupakan buffer yang bekerja utama pada intraseluler. Ion H^+ dari plasma yang masuk sel, dibuffer oleh buffer protein dan fosfat dan pertukaran K^+ .

H^+ dari plasma masuk sel ditukar K^+ , akibatnya pada keadaan di mana kadar H^+ tinggi dalam plasma (pH plasma rendah), masuknya H^+ ke dalam sel dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan *hiperkalemia*.

Sebaliknya, kadar H^+ yang rendah dan kadar bikarbonat yang berlebihan dalam plasma dapat dibuffer oleh H^+ yang berasal dari sel, ditukar K^+ , dapat mengakibatkan *hipokalemia*.

3. Buffer hemoglobin

Buffer ini bekerja pada eritrosit dengan keberadaan enzim karbonik anhidrase, yang mengkatalisis reaksi berikut.

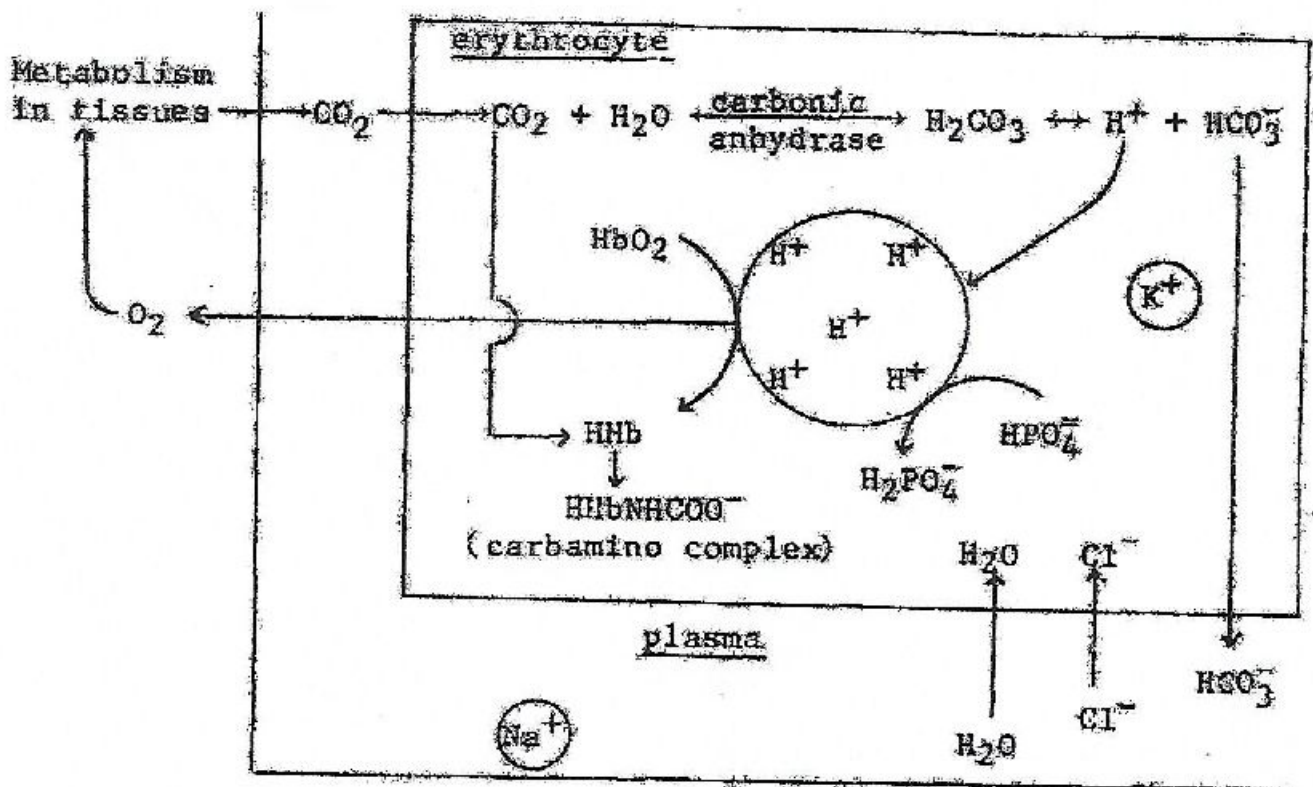


Dalam darah, hemoglobin terdapat dalam bentuk oksihemoglobin (HbO_2), deoksihemoglobin (HHb), serta garam-garam Kalium ($KhbO_2$) dan KHb . Asam HHb dan HbO_2 merupakan asam-asam lemah yang membentuk sistem buffer dengan garam-garam kaliumnya, masing-masing dalam eritrosit, $HbO_2/KhbO_2$ dan HHb/KHb (Erman, 2007).

Histidin yang terdapat dalam molekul hemoglobin sangat efektif menangkap ion H^+ sambil membebaskan O_2 .

Meningkatnya tekanan CO_2 dan turunnya pH akan memudahkan penguraian HbO_2 sehingga memungkinkan kelompok senyawa imidazol untuk menyerap ion H^+ . Dalam jaringan ion bikarbonat (HCO_3^-) yang diproduksi dalam eritrosit berdifusi ke dalam plasma untuk mempertahankan kenetralan muatan dan anion Cl^- masuk ke dalam eritrosit.

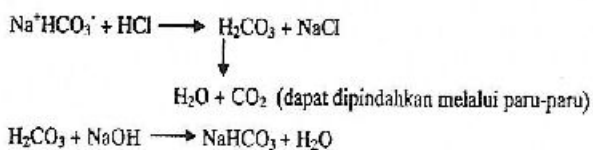
Konsentrasi ion K^+ intraseluler dan konsentrasi ion Na^+ ekstraseluler (plasma) tidak mengalami perubahan yang berarti karena permeabilitas membran eritrosit terhadap kedua kation tersebut relatif rendah. Peristiwa lain yang berlawanan adalah pembebasan CO_2 dalam paru-paru.



Gambar 1. Sistem Buffer Darah

Sumber: Bhagavan, N.V. 1978. *Biochemistry*. Philadelphia: J.B. Lippincott Company

Peranan asam bikarbonat atau asam karbonat sebagai sistem buffer dapat dilihat dari reaksi berikut.



Hemoglobin menyerap sekitar 60 % ion hidrogen yang dihasilkan pada pembentukan asam karbonat, H_2CO_3 dan CO_2 . Di sinilah peranan yang lebih besar dari buffer hemoglobin jika dibandingkan dengan buffer-buffer lain. Meskipun demikian buffer hemoglobin hanya terdapat dalam eritrosit, sedangkan dalam plasma buffer ini hanya berperan sebagai intermediasi dalam pengangkutan asam.

SISTEM RESPIRASI

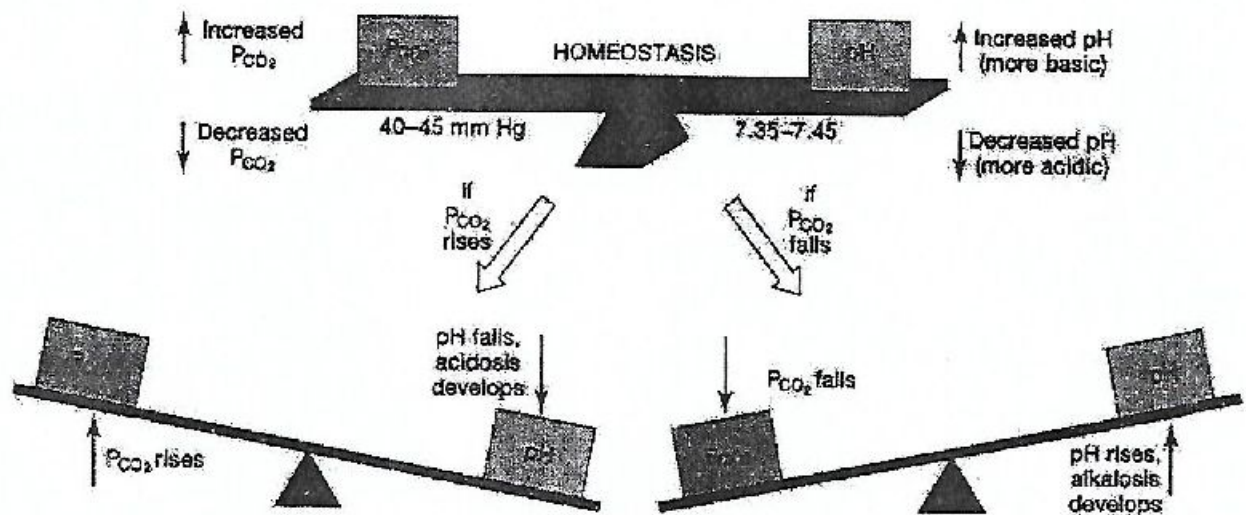
Sistem pernapasan dikendalikan oleh pusat pernapasan di otak. Pengeluaran CO_2 dari darah

dan pasokan O_2 pada jaringan adalah fungsi utama sistem pernapasan. Mekanisme pernapasan dirangsang oleh turunnya pH, turunnya pO_2 , peningkatan suhu, dan lain-lain. Pada asidosis metabolik, sistem pernapasan berusaha mengkompensasi dengan bernapas cepat dan dalam, yang disebut *hiperventilasi*, dan pada alkalosis metabolik dengan *hipoventilasi*.

Pada saat latihan, terjadi peningkatan aktivitas metabolik yang mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi CO_2 plasma, tekanan parsial karbondioksida arteri (PaCO_2), peningkatan kadar asam karbonat plasma (H_2CO_3) dan penurunan pH plasma (asidosis). Saat latihan dengan intensitas tinggi, otot akan menghasilkan asam laktat. Kemudian akan terjadi pemecahan asam laktat menjadi molekul laktat dan ion H^+ . Ion H^+ kemudian dibuffer oleh HCO_3^- dan menghasilkan CO_2 . Peningkatan kadar CO_2 menyebabkan terjadinya kenaikan PaCO_2 . Meningkatnya PaCO_2 menyebabkan

terjadinya penurunan pH darah. Peningkatan $p\text{CO}_2$ merangsang kemoreseptor untuk terjadinya hiperventilasi. Hiperventilasi merupakan usaha untuk mengeluarkan kadar CO_2 yang tinggi tersebut, sehingga akan terjadi penurunan PaCO_2 cairan ekstraseluler dan penurunan konsentrasi H^+ sampai pada nilai normal. CO_2 berdifusi dari kapiler paru menuju

alveoli untuk selanjutnya di keluarkan melalui sistem respirasi. Jika konsentrasi H^+ tiba-tiba meningkat melalui peningkatan keasaman pada cairan ekstraseluler dan terjadi penurunan pH dari 7,4 menjadi 7,0, sistem respirasi dapat mengembalikan pH tersebut menjadi 7,2 hingga 7,3. Respon ini terjadi dalam waktu 3 sampai 12 menit (Guyton, 2006).



Gambar 2. Hubungan antara PCO_2 dan pH Plasma
Sumber: Martini, F.H. 1998. Fundamental of Anatomy & Physiology, USA: Prentice Hall

SISTEM RENAL

Pada saat latihan fisik sebagian besar CO_2 akan diekskresi oleh paru-paru, dan hanya sebagian kecil H^+ yang diekskresi melalui ginjal (Ganong, 1999). Pengaturan pH darah melalui sistem urinari menggunakan beberapa cara, yaitu dengan reabsorpsi (HCO_3^-), sekresi H^+ keluar menuju lumen tubulus serta sistem buffer yang memungkinkan ion hidrogen berlebih diekskresi dalam urin (Sloane, 2004). CO_2 dalam cairan intersisial berdifusi ke dalam epitel dan berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang berionisasi membentuk ion H^+ dan ion HCO_3^- . Ion H^+ ditranspor menuju lumen tubulus dan dikeluarkan melalui urin. Untuk setiap ion H^+ yang disekresi ke dalam lumen tubulus, satu ion Na^+ secara aktif tereabsorpsi ke dalam epitel. Ion Na^+ dan ion HCO_3^- ditranspor secara bersamaan

dari sel epitel menuju cairan intersisial dan masuk ke darah.

Ketika terjadi penurunan HCO_3^- yang berat, maka gangguan asam-basa yang terjadi adalah asidosis metabolik. Ginjal merespon dengan meningkatkan sekresi ion H^+ dan reabsorpsi ion HCO_3^- . Alkalosis metabolik terjadi karena meningkatnya HCO_3^- , kompensasi dari ginjal dengan meningkatkan sekresi HCO_3^- dan lebih banyak ekskresi ion natrium dan kalium.

PENUTUP

Tahap-tahap proses yang mempengaruhi pH darah selama latihan

- Hemoglobin membawa O_2 dari paru-paru ke otot melalui darah.

- Otot membutuhkan lebih banyak O_2 daripada normal, karena aktivitas metabolik meningkat selama latihan. Jumlah oksigen dalam otot membentuk gradien konsentrasi antara sel otot dan darah dalam kapiler.
- Otot memproduksi CO_2 dan H^+ sebagai akibat peningkatan metabolisme, membentuk gradien konsentrasi yang berlawanan arah dari gradien O_2 .
- Aliran CO_2 dan H^+ dari otot ke darah, melalui gradien konsentrasi.
- Aksi buffer hemoglobin mengambil kelebihan CO_2 dan H^+ .
- Jika penambahan CO_2 dan H^+ tidak dapat diregulasi oleh buffer, maka perubahan derajat keasaman (pH) darah yang menyebabkan asidosis akan dikompensasi oleh paru-paru dan ginjal dengan merespon perubahan pH melalui pemindahan CO_2 , HCO_3^- , dan H^+ dari darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhagavan, N.V. 1978. *Biochemistry*. Philadelphia: J.B. Lippincott Company
- Erman. 2007. *Dasar-dasar Biokimia Olahraga*. Surabaya: Unesa University Press.
- Ganong, William F & Hall JE. 1999. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Guyton, Arthur C. 2006. *Text Book of Medical Physiology*. Philadelphia: Saunders Company.
- Martini, F.H. 1998. *Fundamental of Anatomy & Physiology*, USA: Prentice Hall
- Sloane, Ethel. 2004. *Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.