

# Efek Pemberian Minuman Karbohidrat Berelektrolit Selama Latihan Sepeda Terhadap Perubahan Metabolisme Karbohidrat Dalam Suasana Panas dan Lembab Tinggi

Dr. Gusbakti Rusip, MSc

Bagian Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara, Medan

## ABSTRAK

Pemberian minuman karbohidrat berelektrolit selama latihan dapat mempertahankan kadar glukosa darah selama melakukan aktivitas fisik/latihan, di samping itu dapat sebagai bahan pengganti dari cairan yang keluar melalui keringat selama latihan. Tujuan penelitian adalah untuk melihat efek pemberian suplementasi minuman karbohidrat ber elektrolit terhadap perubahan metabolisme karbohidrat dalam suasana panas dan lembab tinggi.

Sepuluh sukarelawan laki-laki diikuti sertakan dalam penelitian ini. Selama peneliti an subjek mengayuh sepeda ergometer pada suhu  $31.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$  dan lembab relatif  $91.2 \pm 0.9\%$ . Dijalankan dalam tiga waktu yang berbeda, setiap subjek diberi salah satu jenis minuman karbohidrat berelektrolit 6% (MC), 12% (HC) atau minuman tanpa karbohidrat (plasebo) setiap 20 menit sampai kelelahan dan diberikan secara buta ganda.

Hasil penelitian ini menunjukkan kadar glukosa darah dan insulin meningkat secara bermakna berbanding dengan plasebo sedangkan kadar hormon pertumbuhan dan kortisol tidak didapati perbedaan terhadap ketiga jenis minuman selama latihan sampai kelelahan.

Kata kunci: kadar glukosa darah, insulin, hormon pertumbuhan dan kortisol.

## PENDAHULUAN

Konsumsi minuman karbohidrat berelektrolit dapat mempertahankan kadar glukosa darah dan rehidrasi cairan yang keluar melalui keringat berlebihan selama latihan dalam cuaca panas dan lembab tinggi<sup>(1,2,3)</sup>.

Pengambilan glukosa oleh otot selama latihan dapat meningkat 30–40 kali lipat dibandingkan tanpa melakukan aktivitas fisik/latihan. Ini tergantung pada intensitas dan lamanya latihan yang dijalankan<sup>(4,5)</sup>. Peningkatan ini dapat dicapai dengan mengaktifkan mekanisme membran yang terlibat dalam pengangkutan glukosa serta enzim-enzim yang bertanggung jawab terhadap

pelepasan glukosa. Faktor-faktor yang berperan antara lain jumlah dan aktivitas pengantaran glukosa melalui membran, sarkoplasmik kalsium, insulin, tahap subtrak dalam otot dan peredaran darah serta cadangan glukosa<sup>(6)</sup>. Peningkatan pemakaian glukosa tepi selama latihan sebanding dengan pengeluaran glukosa dari hati. Pada tahap permulaannya terjadi proses glikogenolisis, selanjutnya bila latihan ditingkatkan lagi, proses glukoneogenesis berperan, proses ini memerlukan bahan pelopor (prekursor) glukogenik yaitu asam laktat, piruvat, gliserol dan alanin<sup>(6)</sup>. Pada latihan berkepanjangan secara kontinu selama beberapa jam, pengeluaran glukosa hati menurun, sehingga tidak dapat memper-

tahankan pemakaian glukosa tepi dan menyebabkan hipoglikemia<sup>(7)</sup>. Pengekalan hemostasis peredaran glukosa darah penting untuk fungsi sistem saraf pusat dan otak. Sebenarnya 60% glukosa hati dipergunakan sebagai bahan bakar untuk metabolisme otak pada manusia<sup>(8)</sup>.

Penurunan kadar glikogen otot bergantung kepada beberapa faktor, termasuk nutrisi sebelum latihan, intensitas dan bentuk latihan, keadaan latihan serta suhu sekitarnya<sup>(9)</sup>. Subjek yang mengambil makanan kaya dengan karbohidrat cenderung menggunakan sebagian besar tenaga dan karbohidrat selama latihan *steady-state*<sup>(10)</sup>. Mekanisme peningkatan pemecahan glikogen otot sesudah pemberian makanan kaya dengan karbohidrat, dihubungkan dengan peningkatan aktivitas asetil koenzim A yang menghambat oksidasi asam lemak bebas.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, mekanisme pengaturan peningkatan pengambilan glukosa oleh otot selama latihan, mempengaruhi beberapa faktor antara lain:

1. translokasi pengangkutan glukosa dari tempat simpanan intrasel ke membran plasma<sup>(10)</sup>.
2. peningkatan aktivitas pengangkutan membran yang tersedia dan sarkoplasmik kalsium yang bertanggung jawab terhadap pe rangsangan mekanisme pengangkutan glukosa<sup>(11)</sup>.

Telah lama diketahui bahwa tahap insulin tertentu diperlukan untuk pengambilan glukosa oleh otot<sup>(12)</sup>, ternyata bahwa tahap insulin plasma akan menurun selama latihan<sup>(13)</sup>. Walaupun dapat juga dinyatakan bahwa pengangkutan dan pengambilan glukosa meningkat selama kontraksi otot tanpa adanya insulin<sup>(14)</sup>.

## TUJUAN

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti pengaruh pemberian minuman karbohidrat berelektrolit dan plasebo terhadap metabolisme karbohidrat dalam suasana panas dan kelembaban tinggi.

## BAHAN DAN CARA

### 1) Subjek

Sepuluh sukarelawan tentara laki-laki telah mengambil bagian dalam penelitian ini. Dijalankan di Laboratonum Fisiologi Olahraga Pusat Pengajian Sains Perubatan Universiti Sains Malaysia.

### 2) Peralatan

Sepeda ergometer (Lode NVL-77), Spektrofotometer (Microflow, Shimazu CL-750), Gamma counter dan temperature probe (Libra Medical ET 300).

## Protokol penelitian

Puasa 10–12 jam sebelum ujian. Suhu rektal dan kulit (dada, lengan atas, paha dan betis) diukur dengan *temperature probe*. Kateter infus dimasukkan ke vena lengan bawah bagian dorsal dan tetap dipertahankan dengan hepanin salin (10 unit/ml), darah diambil sebelum, selama dan akhir percobaan sebanyak 10 ml setiap 20 menit sampai kelelahan. Sebelum latihan pemanasan subjek diberi minuman 3 ml/kgbb. Latihan pemanasan 5 menit pada  $VO_{2max}$  50%; segera sesudah pemanasan beban kerja ditingkatkan  $VO_{2max}$  60% sampai terjadi kelelahan.

## Cara penelitian

Setiap subjek dikehendaki mengayuh sepeda ergometer dalam tiga waktu yang berbeda dengan jarak 2–3 minggu dalam keadaan panas (31°C) dan lembab tinggi (91%).

Setiap subjek dibagi tiga kali percobaan, kepada masing-masing 10 subjek diberi minuman salah satu dari karbohidrat berelektrolit 6% (MC) dan karbohidrat berelektrolit 12% (HC), plasebo (P) tanpa karbohidrat tetapi mengandung gula tiruan yaitu aspartame diberikan secara *double blind*, sebanyak 3 ml/kgbb setiap 20 menit sampai kelelahan. Ketiga minuman yang diberikan dalam bentuk minuman komersil, yang telah dianalisis kandungan karbohidrat dan elektrolitnya (**Tabel 1**).

**Tabel 1. Komposisi kandungan minuman yang diberikan.**

| Komposisi minuman | Unit                    | HC          | MC          | P          |
|-------------------|-------------------------|-------------|-------------|------------|
| Osmolalitas       | (mOsm.l <sup>-1</sup> ) | 684.0 ± 1.4 | 325.0 ± 1.4 | 38.0 ± 1.3 |
| Glukosa           | (g.l <sup>-1</sup> )    | 71.6 ± 2.2  | 20.5 ± 1.4  | 0.0        |
| Sukrosa           | (g.P)                   | 45.7 ± 1.2  | 39.1 ± 0.9  | 0.0        |
| Natrium           | (mmol.l <sup>-1</sup> ) | 21.1 ± 0.2  | 21.1 ± 0.0  | 3.4 ± 0.1  |
| Kalium            | (mmol.l <sup>-1</sup> ) | 3.4 ± 0.0   | 3.5 ± 0.1   | 0.0        |
| Klorida           | (mg.l <sup>-1</sup> )   | 390.0 ± 1.9 | 391.0 ± 1.9 | 0.0        |
| Kalsium           | (mg.l <sup>-1</sup> )   | 28.1 ± 0.4  | 28.2 ± 0.3  | 23.2 ± 0.6 |
| pH                |                         | 3.7 ± 0.0   | 3.7 ± 0.0   | 2.9 ± 0.0  |

Sewaktu percobaan dijalankan, subjek mengayuh sepeda ergometer pada beban kerja  $VO_{2max}$  60% dengan kecepatan dipertahankan pada 60 rpm sampai kelelahan (yaitu apabila subjek tidak dapat mempertahankan kecepatan antara 30–60 rpm).

Setiap subjek yang mengambil bagian dalam penelitian ini dinasihatkan tidak melakukan olahraga berat selama tiga hari sebelum percobaan dilakukan.

Untuk memastikan tahap *fitness* yang sama semasa percobaan, subjek dianjurkan untuk mempertahankan latihan antara waktu 2–3 minggu sebelum percobaan berikutnya.

## Analisis biokimia darah

Setiap sampel darah vena (10 ml) yang diambil dipisahkan dua bagian. Lima mililiter dimasukkan ke dalam tabung yang berisi antikoagulan litium hepanin sedangkan sisanya dimasukkan ke dalam tabung yang berisi antikoagulan natrium fluorid, sampel ini disentrifuge selama 5 menit pada 6000 rpm dan suhu 4°C, plasma yang diperoleh disimpan pada suhu -20°C untuk analisis insulin, hormon pertumbuhan dan kortisol; sedangkan tabung yang berisi natrium fluorida untuk analisis glukosa plasma memakai kit komersil (Bohringer Mannheim GmbH, Peridochrom Glucose) dan absorbannya diukur dengan spektrofotometer (Microflow, Shimadzu CL-750). Hormon insulin dan kortisol dianalisis dengan kit komersil radioimmunoasai dengan metode *Cout-A-Count* (*Diagnostic Product Corporation*), sedangkan honmon pertumbuhan dengan metode *Double antibody* (*Diagnostic Product Corporation*). Kesemuanya diukur dengan menggunakan *gamma counter*.

## Analisis statistik

Perubahan metabolisme karbohidrat selama latihan bersepeda terhadap ketiga jenis minuman, dianalisis dengan *analysis of variance* (ANOVA) dan Test-t (Student's t-test). Uji statistik

dijalankan dengan menggunakan program komputer *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS). Pada tahap probabiliti kurang dari 0.05 ( $p < 0,05$ ) dianggap mempunyai perbedaan yang signifikan secara statistik. Data yang diperoleh dalam bentuk rata-rata  $\pm$  SE.

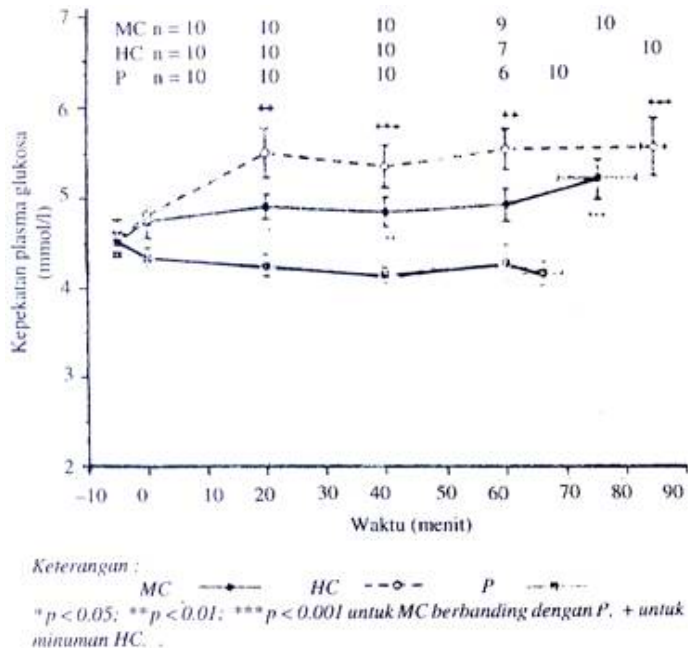
## HASIL PENELITIAN

### 1) Subjek

Nilai rata-rata ( $\pm$  SE) untuk umur, berat badan, tinggi badan bagi subjek masing-masing adalah  $24.6 \pm 0.3$  tahun,  $60.7 \pm 2.3$  kg dan  $166.3 \pm 0.5$  cm sedangkan  $VO_{2max}$   $44.6 \pm 0.5$  ml.kg<sup>-1</sup>.men<sup>-1</sup>.

### 2) Perubahan kepekatan plasma glukosa

Kepekatan plasma glukosa sebelum pemberian MC, HC dan P masing-masing adalah  $4.4 \pm 0.1$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $4.5 \pm 0.2$  mmol.l<sup>-1</sup> dan  $4.5 \pm 0.2$  mmol.l<sup>-1</sup> dan tidak mempunyai perbedaan secara signifikan (**Gambar 1**). Berbanding dengan P, kepekatan plasma glukosa terhadap kedua jenis minuman MC dan HG meningkat secara signifikan pada menit ke-20 paras glukosa bagi MC meningkat pada  $5.2 \pm 0.2$  mmol.l<sup>-1</sup> vs  $4.3 \pm 0.1$  mmol.l<sup>-1</sup>  $p < 0.05$ , sedangkan untuk minuman HC  $5.5 \pm 0.3$  mmol.l<sup>-1</sup> vs  $4.3 \pm 0.1$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $p > 0.01$ ). Sesudah itu kedua-duanya bertahan hingga akhir percobaan. Pada minuman MC dan HC terdapat peningkatan kepekatan plasma glukosa mengikuti waktu yang signifikan (ANOVA,  $p < 0.001$ ), tetapi bagi minuman P, kepekatan plasma glukosa menurun secara signifikan selama latihan (ANOVA,  $p < 0.01$ ) dan mencapai nilai  $4.1 \pm 0.2$  mmol.l<sup>-1</sup> pada waktu kelelahan.

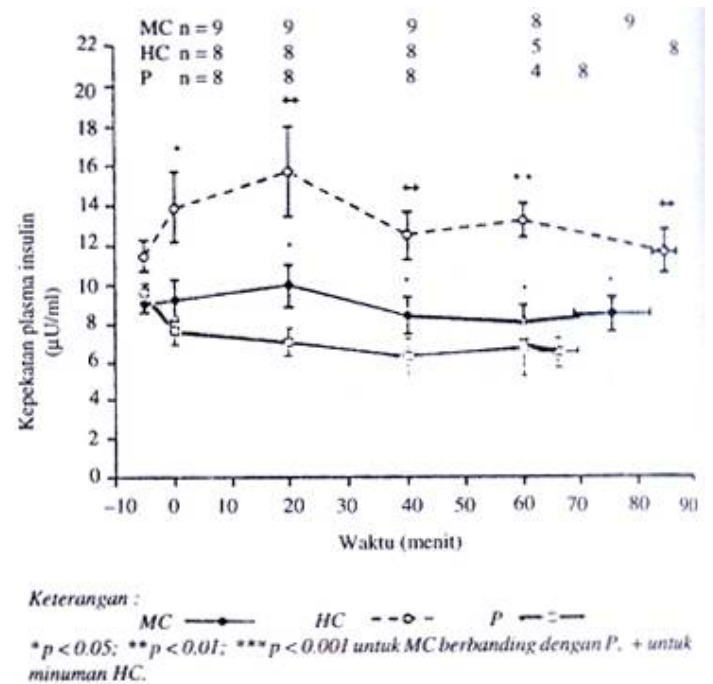


**Gambar 1.** Kepekatan plasma glukosa (mmol.l selama latihan rata-rata  $\pm$  SE.

### 3) Perubahan Kepekatan plasma insulin

Perubahan kepekatan plasma insulin untuk ketiga-tiga percobaan dapat diperlihatkan pada **Gambar 2**. Sebelum pemberi-

an minuman, kepekatan plasma insulin untuk MC, HC dan P masing-masing adalah  $9.1 \pm 0.4$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>,  $11.4 \pm 0.7$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> dan  $9.7 \pm 0.4$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>. Ketiga nilai ini tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Dibandingkan dengan minuman P kepekatan plasma insulin meningkat secara signifikan pada menit ke-20 untuk MC ( $9.9 \pm 1.1$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> vs  $7.0 \pm 0.7$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>  $p < 0.05$ ) dan HC ( $15.77 \pm 2.1$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> vs  $7.0 \pm 0.7$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>,  $p < 0.01$ ). Sesudah itu kepekatan plasma insulin menurun pada menit ke-40 tetapi masih signifikan lebih tinggi untuk MC ( $8.4 \pm 0.9$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> vs  $6.2 \pm 0.9$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>,  $p < 0.05$ ) dan HC ( $12.4 \pm 1.2$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> vs  $6.2 \pm 0.9$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>,  $p < 0.01$ ). Pada waktu kelelahan kepekatan plasma insulin mencapai tahap  $8.4 \pm 0.8$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> untuk MC dan  $11.7 \pm 1.0$   $\mu$ U.ml<sup>-1</sup> untuk HG. Peningkatan kepekatan plasma insulin selama latihan adalah signifikan bagi MC (ANOVA,  $p < 0.05$ ) dan HC (ANOVA,  $p < 0.001$ ), sedangkan untuk minuman P kepekatan plasma insulin menurun secara signifikan sehingga akhir latihan (ANOVA,  $p < 0.05$ ).



**Gambar 2.** Kepekatan plasm Insulin ( $\mu$ U.ml<sup>-1</sup>) selama latihan rata-rata  $\pm$  SE.

### 4) Perubahan kepekatan hormon pertumbuhan dan kortisol

Perubahan respon hormon pertumbuhan terhadap ketiga-tiga minuman ditunjukkan pada **Tabel 2**. Apabila dibandingkan dengan nilai sebelum latihan kepekatan hormon pertumbuhan terhadap ketiga jenis minuman meningkat pada akhir latihan (MC,  $p < 0.01$ ; HC,  $p < 0.001$ ; P,  $p < 0.01$ ). Walau bagaimanapun tidak ada perbedaan bermakna terhadap hormon pertumbuhan di antara ketiga-tiga minuman.

Kepekatan hormon kortisol plasma juga lebih tinggi ( $p < 0.001$ ) terhadap ketiga minuman pada akhir percobaan dibandingkan dengan sebelum latihan dijalankan. Walau bagaimanapun tidak ada perbedaan bermakna terhadap ketiga minuman.

**Tabel 2. Kepekatan plasma hormon pertumbuhan dan kortisol selama latihan (nilai purata ± piawai).**

| Plasma hormon                            | Jenis minuman | Sebelum latihan | Akhir latihan   |
|--|---------------|-----------------|-----------------|
| Hormon pertumbuhan (mU.l <sup>-1</sup> ) | MC            | 8.0 ± 2.4       | 30.2 ± 7.2**    |
|  | HC            | 6.3 ± 1.9       | 29.6 ± 4.7***   |
|  | P             | 4.6 ± 1.4       | 35.1 ± 6.9**    |
| Hormon kortisol (nmol.l <sup>-1</sup> )  | MC            | 306.2 ± 29.2    | 507.7 ± 46.4*** |
|  | HC            | 303.6 ± 32.1    | 518.8 ± 47.5*** |
|  | P             | 309.5 ± 29.8    | 495.0 ± 39.6*** |

Keterangan:

\*\*  $p < 0.01$  ;  $p < 0.001$  berbanding dengan sebelum latihan.

## PEMBAHASAN

Dalam kajian ini pemberian minuman karbohidrat berelektrolit dan plasebo pada setiap subjek sebanyak 3 ml kg/bb setiap 20 menit. Jumlah volume minuman lebih penting karena kadar pengosongan saluran pencernaan juga dipengaruhi oleh volume dan kepekatan minuman<sup>(16)</sup>.

Dalam penelitian ini yang berlangsung dalam suasana panas dan lembab tinggi kepekatan glukosa adalah lebih tinggi pada HC berbanding dengan MC (**Gambar 1**). Sewaktu latihan terjadi penurunan glukosa karena meningkatkan penggunaan glukosa oleh otot dan kemungkinan kadar pengosongan lambung yang lambat. Pengaturan kadar glukosa dalam darah dipengaruhi oleh kepekatan insulin, hormon kortisol, hormon pertumbuhan dan adrenalin. Dalam kajian ini insulin plasma semasa senaman adalah rendah (**Gambar 2**), ini kemungkinan dipengaruhi oleh peningkatan kortisol dan noradrenalin di dalam darah yang mengakibatkan pelepasan insulin dihambat<sup>(15)</sup>. Kepekatan insulin yang rendah semasa senaman juga membantu meningkatkan lipolisis jaringan adipos secara tidak langsung dan mungkin menggantikan penggunaan glukosa oleh jaringan. Dengan kata lain, penggunaan lemak sebagai bahan pengganti karbohidrat dan terjadi penghematan glukosa yang banyak, sehingga kadar glukosa dapat dipertahankan melalui proses ini selama aktivitas fisik/latihan. Dengan minuman plasebo, kepekatan glukosa darah menurun berbanding dengan sebelum latihan, tetapi masih di atas kadar hipoglisemi (yaitu  $> 2.5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) Dalam penelitian ini nilai glukosa pada akhir latihan dengan minuman plasebo adalah  $4.1 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$ .

Walaupun ketiga-tiga percobaan ini dijalankan dalam suasana panas, hal ini tidak meningkatkan kadar glikogenolisis otot oleh karena cadangan karbohidrat endogen mungkin lebih banyak. Keadaan ini telah diuraikan oleh Yaspelkis, dkk (1993) dengan mengukur kepekatan glikogen otot<sup>(17)</sup>. Hasil yang sama juga didapati oleh Young, dkk (1985)<sup>(18)</sup> dan Nielsen, dkk (1990)<sup>(19)</sup>. Pemberian minuman berkarbohidrat selama latihan mungkin mengakibatkan berkurangnya glikogenolisis dan glukogenesis hati<sup>(20)</sup>, hal ini memungkinkan terjadi penghematan glikogen hati sehingga dapat mempertahankan kadar glukosa.

Dalam penelitian ini, hormon kortisol dan pertumbuhan ditentukan pada akhir latihan. Hasil yang diperoleh dan ketiga minuman yang diberikan menunjukkan peningkatan lebih kurang sama baik hormon kortisol maupun pertumbuhan (**Tabel 2**).

Kedua hormon ini memberi pengaruh yang lebih besar terhadap stres fisiologi dan psikologi, dimana hormon ini akan terangsang oleh respon latihan yang berterusan. Secara faali, kedua hormon ini mengatur penghasilan glukosa hati selama latihan. Dalam kajian ini, pemberian minuman berkarbohidrat tidak memengaruhi peningkatan plasma kortisol maupun pertumbuhan, hal ini hampir sama dengan penelitian terdahulu dengan latihan larian pada treadmill selama dua jam<sup>(21)</sup>. Ini juga didukung oleh penelitian yang dijalankan oleh Francesconi, dkk (1985) dan Tsintzas, dkk (1993)<sup>(22,23)</sup>.

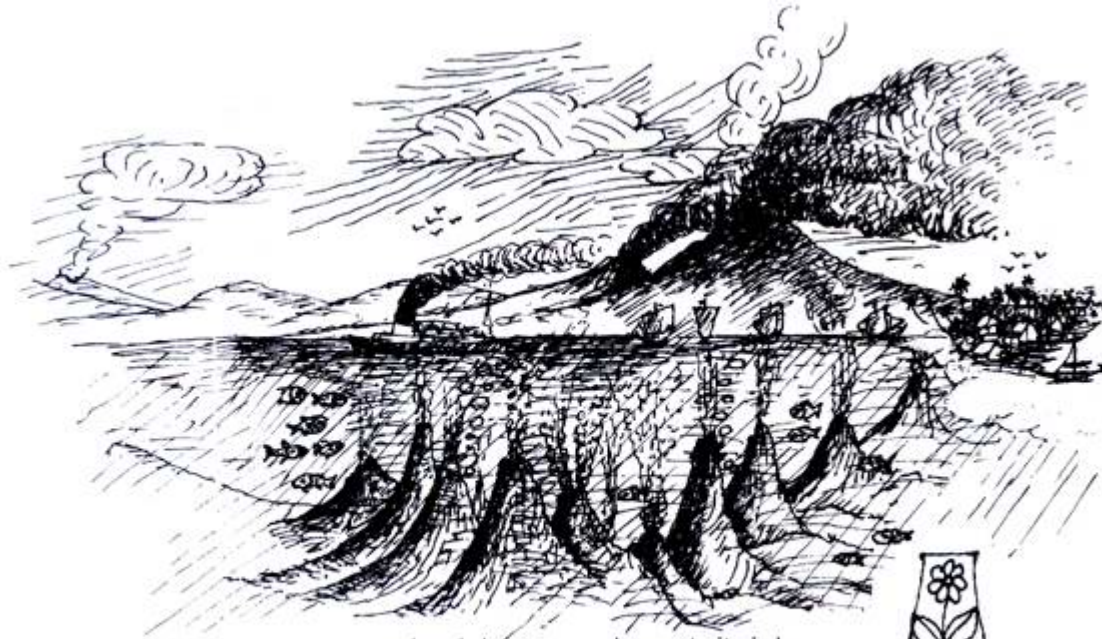
## KESIMPULAN

Pemberian minuman karbohidrat berelektrolit selama latihan an sepeda dalam suasana panas dan lembab tinggi nampaknya banyak membantu mempertahankan kadar glukosa darah; glukosa darah ini merupakan sumber energi yang diperlukan untuk kontraksi otot, di samping itu juga mengekalkan hemostasis peredaran glukosa darah adalah penting untuk fungsi sistem saraf pusat dan otak.

## KEPUSTAKAAN

1. Costill DL, Miller JM. Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance. *Int. J. Sport. Med.* 1980; 1: 2–14.
2. Coyle EF, Coggan AR. Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. *Sports Med.* 1984;1: 446–58.
3. Nielsen B. Dehydration, rehydration and thermoregulation. *Med Sport Sci.* 1984; 17: 81–96.
4. Katz A, Boberg S, Sahlin K, Wahren J. Leg glucose uptake during maximal dynamic exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 1986; 251(1): E65–E70.
5. Wahren J, Ahlborg G, Felig P, Jorfeldt L. Glucose metabolism during exercise in man. In: *Muscle metabolism during exercise* (Pernow, B & Sakin. B., Eds). London: Plenum Press, 1971; pp 189–204.
6. Holloszy JO, Costable SH, Young DA. Activation of glucose transport in muscle by exercise. *Diabetes Metabolism Rev.* 1986; 1(4): 409–23.
7. Felig O, Cherif A, Minigawa A, Wahren J. Hypoglycemia during prolonged exercise in normal men. *N. Engl. J. Med.* 1982; 306(15): 895–900.
8. Astrad PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise. In: *Nutrition and Physical Performance 3rd ed.* New York: McGraw-Hill Inc. 1986; pp 549–50.
9. Costill DL. Carbohydrate for exercise: Dietary demands for optimal performance. *Int. J. Sport. Med.* 1988; 9(1): 1–18.
10. Christensen EH, Hansen O. Arbeitsfähigkeit und ernahrung. *Scand. Arch. Physiol.* 1939; 81: 160–71.
11. Plough I, Galbo H, Vinten J, Jorgensen M, Richter EA. Kinetics of glucose transport in rat muscle: Effects of insulin and contractions. *Am. J. Physiol.* 1987; 253(6): E12–E20.
12. Hargreaves M. Skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise. *Austr. J. Sc. Med. Sports* 1990; 22(2): 1–4.
13. Berger M; Hagg S, Ruderman NB. Glucose metabolism in perfused skeletal muscle. Interaction of insulin and exercise on glucose uptake. *Biochem. J.* 1975; 146(1): 231–38.
14. Pruet ED. Glucose and insulin during prolonged work stress in men living on different diets. *J. Appl. Physiol.* 1970; 28(2): 199–208.
15. Plough T, Galbo H, Richter Increased muscle glucose uptake during contraction: no need for insulin. *Am. J. Physiol.* 1984; 247(6): E726–73 I.
16. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol.* 1986; 61(1): 165–72.
17. Hagendall J, Hartley LH, Saltin B. Arterial noradrenaline concentration during exercise in relation to the relative work levels. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 1970; 26(4): 337–42.
18. Young AJ, Sawka MN, Levine L, Cadarette BS, Pandolf KB. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. *J. Appl. Physiol.* 1985; 59(6): 1929–35.

19. Nielsen B, Savard G, Richter EA, Hargreaves M, Saltin B. Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *J. Appl. Physiol.* 1990; 69(3): 1040–46.
20. Hultman E, Sjöholm H. Substrate availability. In: Knuttgen, Vogel, Pooriman, *et al.* Series on Sport Sciences. *Bioch. Exerc.* 1983; 13: 63–75.
21. Deutse PA, Singh A, Hofmann A, Moses FM, Chrousos GG. Hormonal responses to ingesting water or a carbohydrate type and concentration. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992; 51(6): 1054–57.
22. Francesconi RP, Sawka MN, Pandolf KB, Hubbard RW, Yow S. Plasma hormonal responses at graded hypohydration level exercise-heat stress. *Appl. Physiol.* 1985; 59(6): 1855–60.
23. Tsintzas K, Liu R, Willaims C, Campell I, Gaitanos H. The effects of carbohydrate ingestion on performance during a 30 km race. *Int. J. Sports. Nutr.* 1983; 3(2): 127–39.



Jumlah gunung berapi di dalam  
samudra lautan, sepuluh kali  
lebih banyak daripada.....  
di daratan !

