

Oktober 2002

ISSN. 0215.1995
Volume 2 Nomor 1

MAJALAH ILMU FAAL INDONESIA



The Indonesian Journal of Physiology

MIFI	Vol 2	No. 1	Hlm. 1 - 72	Surabaya Oktober 2002	ISSN 0215-1995
------	-------	-------	-------------	--------------------------	-------------------

PENGARUH LATIHAN INTERVAL DAN KONTINYU TERHADAP PEMULIHAN GLIKOGEN HATI

Erwin S. Kriswanto ^{*)}, Elyana STP Asnar ^{**)}, Cholil Munif ^{***)}

ABSTRACT

Glycogen deposit in hepatocytes may increased by both interval and continuous physical exercise. This study was aimed to find which exercise acts more rapidly in the process of glycogen recovery. This study used 30 adult male Wistar rats as experimental animals, which divided into 6 groups: K1 & K2 as control, K3 & K4 as treatment groups receiving interval exercise treatment, and K5 & K6 as treatment groups receiving continuous treatment. Those animals were subjected to swimming program 3 times a week for 8 weeks. Interval exercises were given in 2 sets, each consists of 3 times swimming exercise, which was 1/3 of 80% of maximum swimming ability, resting intervals were equal to swimming time. Continuous exercise were given 2 set, each consists of swimming exercise 80% of maximum swimming ability, resting intervals were 3 times to swimming time. Loading of 9% of body weight was applied to the animals' tail. Glycogen measurement was undertaken after 8 weeks of exercise program. Glycogen wash out (GWO) was conducted at the final day of exercise. Subsequently, the tested animals were prepared to take a specimen of hepatocytes (for group 1, 3 and 5); whereas group 2, 4 and 6 were prepared 24 hours following GWO to obtain hepatocytes preparation. Glycogen measurement was undertaken by scoring 6 categories based on color intensity observed by light microscope in 400 times magnification and PAS (Periodic Acid Schiff) staining.

Results were as follows :

Group	Score of hepatocytes glycogen (score/cell)	
	Immediate after GWO	24 hours after GWO
Control	K1: 3.97 ± 0.27	K2: 4.18 ± 0.10
Interval Exercise	K3: 3.49 ± 0.10	K4: 5.15 ± 0.04
Continuous Exercise	K5: 3.81 ± 0.11	K6: 4.65 ± 0.18
	p>0.05	p<0.01

It is concluded that glycogen recovery in interval exercise was significantly more rapid compared to both control group and continuous exercise ($p < 0.05$).

Keywords : hepatocyte glycogen, interval exercise, continuous exercise, glycogen wash out.

^{*)} Institute of Teaching and Education-PGRI, Bojonegoro-Indonesia.

^{**)} Sport Medicine, Post Graduate Study-Airlangga University, Surabaya-Indonesia

^{***)} Departement of Physiology, School of Medicine-Airlangga University, Surabaya-Indonesia.

PENDAHULUAN

Dalam melakukan aktivitas, diperlukan energi yang dapat diperoleh dari konsumsi makanan maupun dari cadangan makanan berupa glikogen dalam otot dan hati. Glikogen dapat dibentuk dari glukosa darah yang berturut-turut diubah menjadi glukosa 6-fosfat, glukosa 1-fosfat, uridin difosfat glukosa, dan selanjutnya disimpan dalam bentuk glikogen (Guyton, 1996). Atlet dengan kecepatan pemulihan kadar glikogen lebih tinggi, akan lebih siap dibanding atlet dengan kecepatan pemulihan lebih rendah. Berger (1982) mengemukakan bahwa kapasitas simpanan glikogen yang tinggi dalam hati, berperan untuk menjaga keseimbangan kadar glukosa darah dan penambahan glikogen otot selama latihan berat. Sebaliknya, kadar glukosa darah dapat dipengaruhi oleh pemasukan karbohidrat, dan dipengaruhi pula oleh berbagai macam hormon, misalnya Insulin, Glukagon, Katekolamin, bahkan Steroid dan *Growth hormone* (Tappy, 2000; Murray, 2000).

Pengamatan di lapangan, atlet dengan pemberian program latihan interval lebih siap menghadapi pertandingan berikutnya dibanding atlet dengan pemberian program latihan kontinyu. Dengan melakukan intensitas latihan yang tinggi kadar glikogen hati akan berkurang (Medbo, 1993) dan baru pulih kembali dalam waktu 24 jam (Fox, 1993). Tentu saja waktu pemulihan ini berbeda antara satu orang dengan lainnya. Waktu pemulihan penyimpanan glikogen dapat ditingkatkan dengan diet dan latihan terprogram (Fox, 1993; Hayashi, 1997). Pemberian program latihan interval dan kontinyu dapat mempengaruhi waktu pemulihan glikogen hati. Namun penjelasan kecepatan pemulihan glikogen hati akibat latihan interval dan kontinyu masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan latihan mana yang lebih cepat antara latihan interval dan kontinyu terhadap pemulihan glikogen hati, dengan cara memberikan program latihan renang berbeban pada tikus norvegicus Wistar.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan "*The Separate-Sampel Posttest Only Control Group Design*" (Campbell, 1966). Sampel dalam penelitian ini menggunakan 30 ekor tikus Wistar (*Rattus Norvegicus*), jantan, dewasa, dibagi dalam 6 kelompok, sehingga tiap kelompok adalah 5 ekor. Kelompok (K) 1 dan K2 adalah kelompok kontrol, tanpa perlakuan. K3 dan K4 mendapat perlakuan latihan interval sedangkan K5 dan K6 mendapat perlakuan latihan kontinyu. Latihan fisik menggunakan program renang selama 8 minggu, seminggu 3 kali. **Latihan interval** merupakan latihan renang yang dilakukan berselang antara latihan dan istirahat, dengan diberi beban seberat 9% dari berat badan, diikatkan 5 cm dari pangkal ekor tikus. Latihan dilakukan selama 1/3 dari 80% waktu berenang maksimal dengan 3 kali pengulangan, waktu istirahat sama dengan waktu kerja berarti perbandingan waktu kerja dengan istirahat adalah 1:1, sebanyak 2 set, dengan istirahat antar set (istirahat panjang) selama 3 kali 80% waktu berenang maksimal (1:3), frekwensi 3 kali perminggu, selama 8 minggu. **Latihan kontinyu** merupakan latihan renang yang dilakukan secara terus-menerus, dengan pemberian beban 9% dari berat badan yang diikatkan 5 cm dari pangkal ekor. Latihan dilakukan

selama 80% waktu berenang maksimal. Dilakukan sebanyak 2 set, istirahat antar set (istirahat panjang) adalah 3 kali 80% waktu berenang maksimal (1:3), frekwensi 3 kali perminggu, selama 8 minggu.

Pada akhir minggu ke 8, diistirahatkan selama 24 jam, selanjutnya dilakukan pengurusan glikogen hati (*Glycogen Wash Out*), tikus K1, K3, dan K5 langsung dikorbankan, sedangkan K2, K4 dan K6 dikorbankan 24 jam sesudah *Glycogen Wash Out* (GWO) untuk diambil spesimen hatinya, dilanjutkan dengan pembuatan preparat hati. *Glycogen Wash Out* dilakukan dengan cara pemberian renang dengan intensitas dan waktu sama dengan kemampuan renang maksimal. Pengukuran glikogen secara histologis dengan mengamati sel hati (hepatosit) yang mempunyai kandungan glikogen, dengan pewarnaan PAS (*Periodic Acid Schiff*).

Penghitungan glikogen hati dengan menggunakan skoring (6 kategori), berdasarkan intensitas warna yang dilihat dengan mikroskop cahaya dengan pemberasan 400 kali. Adapun rincian kriteria penghitungan glikogen hati berdasarkan skor per sel yang terlihat dalam lapang pandang *graticulae*. Kriteria pemberian skor sesuai dengan gradasi warna pada setiap penampang sel hati, ditetapkan sebagai berikut:

- skor 6 : warna merah tua (magenta) dalam sitoplasma yang penuh mengelilingi inti sel;
- skor 5 : merah magenta dalam sitoplasma seluas $\frac{3}{4}$ yang mengelilingi inti sel;
- skor 4 : merah magenta dalam sitoplasma seluas $\frac{1}{2}$ yang mengelilingi inti sel atau warna merah muda dalam sitoplasma yang penuh mengelilingi inti sel;
- skor 3 : warna merah muda dalam sitoplasma seluas $\frac{3}{4}$ yang mengelilingi inti sel;
- skor 2 : merah magenta dalam sitoplasma seluas $\frac{1}{4}$ yang mengelilingi inti sel atau warna merah muda dalam sitoplasma seluas $\frac{1}{2}$ yang mengelilingi inti sel;
- skor 1 : tidak ada warna dalam sitoplasma atau warna merah muda dalam sitoplasma seluas $\frac{1}{4}$ yang mengelilingi inti sel.

Selanjutnya jumlah perolehan skor glikogen hati dibagi dengan jumlah sel.

HASIL PENELITIAN

Dari hasil analisis data dengan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial (uji normalitas, homogenitas, anava satu jalur) didapatkan hasil sebagai berikut :

Pengukuran berat badan Pre dan Pos Tes

Berat badan merupakan variabel moderator. Pengukuran berat badan Pre dan Pos tes setelah diuji normalitas berdistribusi normal ($p > 0.05$).

Tabel 1. Uji homogenitas berat badan (BB) tikus minggu I dan minggu VIII

BB (gram)	Kontrol (K1)	Kontrol (K2)	Interval (K3)	Interval (K4)	Kontinyu (K5)	Kontinyu (K6)	p
Mgu 1	102.6±10.8	116.6±7.7	106.4±5.1	113.2±7.1	110.8±11.7	108.6±6.5	p=0.196
Mgu 8	173.2±16.0	171.0±7.1	195.0±14.2	177.4±17.4	175.8±16.8	173.8±9.0	p=0.707

Uji homogenitas, menunjukkan berat badan pada minggu I (pre tes) homogen ($p>0.05$), dan berat badan pada minggu VIII (pos tes) juga homogen ($p>0.05$).

Penghitungan skor glikogen hati per sel

Hasil penghitungan skor glikogen hati per sel (**Skor/Sel**), diperoleh dari jumlah skor glikogen hati per lapang graticulae dibagi jumlah sel hati per lapang graticulae. Skor glikogen hati per sel dapat dilihat pada Tabel 2. Dari uji normalitas, diperoleh Skor/Sel berdistribusi normal ($p>0,05$) bagi ke 6 kelompok.

Tabel 2. Skor glikogen hati, jumlah sel dan skor glikogen hati per sel, segera setelah GWO dan 24 jam setelah GWO pada kelompok kontrol, latihan interval dan latihan kontinyu

Kelompok	Segera setelah GWO			24 jam setelah GWO		
	Skor Glikogen Hati	Jumlah Sel	Skor/Sel	Skor Glikogen Hati	Jumlah Sel	Skor/Sel
Kontrol	K1: 82.23±5.09	20.87±2.64	3.97 ± 0.27	K2: 96.20±16.80	22.93±3.20	4.18 ± 0.26
Interval	K3: 70.13±6.48	20.07±1.42	3.49 ± 0.10	K4: 157.06± 5.31	30.47±0.90	5.15 ± 0.04
Kontinyu	K5: 85.13±7.89	22.33±2.08	3.81 ± 0.11	K6: 112.13±14.43	24.07±2.44	4.67 ± 0.18
			$p>0.05$			$p<0.01$

Keterangan: GWO = *Glycogen wash out*

Tabel 2 menunjukkan Skor/Sel segera setelah GWO pada ke 3 kelompok tidak berbeda ($p>0.05$), sedang Skor/Sel 24 jam setelah GWO pada ke 3 kelompok terdapat perbedaan ($p<0.01$).

Penghitungan perubahan skor glikogen hati per sel

Hasil penghitungan perubahan skor glikogen hati per sel diperoleh dari selisih antara skor glikogen hati per sel segera setelah GWO dan 24 jam setelah GWO pada kelompok kontrol, interval dan kontinyu (Tabel 3).

Tabel 3. Rerata perubahan skor glikogen hati per sel (dalam %)

Kelompok	Skor/Sel				
	Segera setelah GWO	24 jam setelah GWO	Perubahan	Perubahan dalam %	p
Kontrol	3.97 ± 0.27	4.18 ± 0.26	-0.206	5.29 %	0.240
Interval	3.49 ± 0.10	5.15 ± 0.04	-1.664	47 %	0.000
Kontinyu	3.81 ± 0.11	4.67 ± 0.18	-0.838	22 %	0.000
	$p>0.05$	$p<0.01$	$p<0.001$	$p<0.001$	

Keterangan: GWO = *Glycogen wash out*

Tabel 3 menunjukkan tidak terdapat perbedaan skor glikogen hati per sel pada kelompok kontrol antara segera setelah GWO dan 24 jam setelah GWO ($p=0.240$). Sedang pada kelompok interval dan kontinyu terdapat perbedaan ($p=0.000$).

Penghitungan perbandingan perubahan skor glikogen hati per sel

Hasil penghitungan perbandingan perubahan skor glikogen hati per sel, diperoleh dengan membandingkan selisih skor glikogen hati per sel segera setelah GWO dan 24 jam setelah GWO antar kelompok (Tabel 4 dan Tabel 5).

Tabel 4. Perbandingan Perubahan Skor Glikogen Hati per Sel dari segera setelah GWO ke 24 jam setelah GWO antar Kelompok

Kelompok		Beda Mean Skor/Sel	p
Kontrol	Interval	-1.461	0.000
	Kontinyu	-0.634	0.000
Interval	Kontinyu	0.826	0.000

Tabel 4 menunjukkan terdapat perbedaan perubahan Skor/Sel baik antara kelompok kontrol dan kelompok interval ($p=0.000$), antara kelompok kontrol dan kelompok kontinyu ($p=0.000$), maupun antara kelompok interval dan kelompok kontinyu ($p=0.000$).

Tabel 5. Rangkuman Perbandingan Perubahan Skor Glikogen Hati per Sel dari segera setelah GWO ke 24 jam setelah GWO antar Kelompok

Kelompok	Skor/Sel		
	Segera setelah GWO	24 jam setelah GWO	Perubahan
Kontrol	3.97 ± 0.27^a	4.18 ± 0.26^a	-0.206^d
Interval	3.49 ± 0.10^a	5.15 ± 0.04^b	-1.664^e
Kontinyu	3.81 ± 0.11^a	4.67 ± 0.18^c	-0.838^f
Notasi yang sama baik antar kolom maupun dalam kolom, berarti tidak beda			Notasi yang tidak sama dalam kolom, berarti beda

Tabel 5 menunjukkan tidak ada beda Skor/Sel baik antara kelompok kontrol, interval dan kontinyu segera setelah GWO (a), maupun antar kelompok kontrol segera dan 24 jam setelah GWO (a), ada beda Skor/Sel antara kelompok kontrol dan interval (a,b), antara kontrol dan kontinyu (a,c), dan antara interval dan kontinyu (b,c). Tabel 5 juga menunjukkan ada perbedaan **perubahan** Skor/Sel antara kelompok kontrol dan interval (d,e), antara kontrol dan kontinyu (d,f), serta antara interval dan kontinyu (e,f).

Berdasarkan hasil uji anava, kelompok perlakuan interval memiliki skor glikogen hati per sel lebih banyak dibanding kelompok perlakuan kontinyu dan kontrol.

Pengujian Pengaruh Peningkatan Berat Badan terhadap Pemulihan Glikogen Hati

Untuk menguji pengaruh peningkatan berat badan terhadap pemulihan glikogen hati dilakukan dengan menggunakan uji anava. Dari hasil penghitungan dihasilkan nilai signifikansi $p=0.707$ ($F=0.357$; $p>0.05$), berarti tidak ada pengaruh peningkatan berat badan terhadap pemulihan glikogen hati.

Rangkuman Hasil

Uji anava terhadap variabel skor glikogen hati per sel pada kelompok kontrol, kelompok perlakuan Interval dan kelompok perlakuan Kontinyu memberikan hasil sebagai berikut:

1. Skor glikogen hati per sel pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan interval ada perbedaan bermakna ($p<0.01$).
2. Skor glikogen hati per sel pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan kontinyu ada perbedaan bermakna ($p<0.01$).
3. Skor glikogen hati per sel pada kelompok perlakuan interval dan kelompok perlakuan kontinyu ada perbedaan bermakna ($p<0.01$).

DISKUSI

Dari uji homogenitas berat badan (Tabel 1), ke 6 kelompok pada minggu I (pre tes) homogen ($p=0.196$ atau $p>0.05$), dan berat badan pada minggu VIII (post tes) juga homogen ($p=0.707$ atau $p>0.05$). Terdapat peningkatan berat badan dari minggu I ke minggu VIII (dengan uji beda $p<0.05$), hal ini terjadi karena tikus yang digunakan masih dalam usia pertumbuhan.

Untuk mengetahui apakah peningkatan berat badan tersebut berpengaruh terhadap pemulihan glikogen hati, dilakukan uji anava. Dari hasil penghitungan dihasilkan nilai signifikansi $p=0.707$ ($F=0.357$; $p>0.05$), berarti tidak ada pengaruh peningkatan berat badan terhadap pemulihan glikogen hati.

Dengan melakukan Glycogen Washout (GWO), diharapkan terjadi pengurasan glikogen, terjadi glikogenolisis untuk menghabiskan cadangan glikogen hati. Glikogenolisis terjadi untuk pemenuhan kebutuhan energi pada saat latihan, juga karena pengaruh katekolamin yang meningkat selama latihan, tetapi glukagon juga meningkat yang akan meningkatkan glikoneogenesis di hati (Tappy, 2000). Tabel 2, menunjukkan Skor Glikogen Hati per Sel segera setelah GWO pada ke 3 kelompok tidak berbeda ($p>0.05$), sedang Skor/Sel 24 jam setelah GWO pada ke 3 kelompok terdapat perbedaan ($p<0.01$). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan pemulihan glikogen adalah akibat perlakuan yang berbeda yaitu latihan interval dan kontinyu.

Kecepatan pemulihan kadar glikogen otot minimum adalah 10 jam (setelah latihan kontinyu) dan 5 jam (setelah latihan interval) sedangkan kecepatan pemulihan maksimum adalah 46 jam (setelah latihan kontinyu) dan 24 jam (setelah latihan interval), berbeda dengan pemulihan glikogen hati maksimum adalah 12-24 jam (Fox, 1993). Sedangkan menurut Jacobs (1982) diperkirakan 46 jam untuk

menormalkan kembali konsentrasi glikogen setelah latihan yang lama sebelum latihan berikutnya. Menurut Conaglen (1985) pemulihan glikogen hati setelah latihan untuk kembali normal adalah 24 atau 48 jam. Menurut Soekarman (1991), penggantian glikogen pada olahraga jangka lama, pada waktu pulih asal akan terlihat bahwa: a) dalam waktu 1-2 jam hanya sebagian kecil saja glikogen yang diganti; b) resintesa glikogen akan memakan waktu dua hari; c) tanpa diet yang kaya karbohidrat hanya sebagian saja glikogen yang diganti meskipun sampai 5 hari sesudahnya; d) dengan diet kaya karbohidrat penggantian glikogen mencapai 60 % dalam waktu 5 jam dan sudah sepenuhnya dalam waktu 46 jam. Timbunan glikogen ini juga dapat meningkat selama 8 jam setelah latihan (Van Den Berg, 1996). Apabila karbohidrat dikuras maka mengalami resintesa glikogen (Van Hal, 2000). Untuk pemulihan glikogen digunakan proses glukoneogenesis, yang mana pada latihan anaerobik, proses glikolisis anaerobik melibatkan serangkaian reaksi kimia yang menghasilkan energi dari molekul glikogen. Hasil akhir dari proses ini adalah asam laktat, yang berhubungan dengan kelelahan (Pate, 1984). Asam laktat yang dihasilkan otot selama latihan dibawa darah ke hati untuk diubah menjadi glikogen hati, proses ini disebut dengan siklus Cori (Fox, 1993). Untuk mempercepat pemulihan juga perlu masukan makanan tambahan karbohidrat yang cukup, antara lain tepung, sukrose, glukose, fruktose, bahkan asam asetat dan sitrat (Murakami, 1997; Bowtell, 2000; Casey, 2000; Rotman, 2000; Walker, 2000; Nakao, 2001).

Pada olahraga kontinyu, pengurangan persediaan glikogen lebih besar daripada olahraga berkala, yang bekerja terutama otot lambat (*slow twitch fiber*). Pada olahraga berat berkala yang bekerja terutama otot cepat (*fast twitch fiber*), sintesis glikogen dalam otot cepat lebih cepat dibanding otot lambat (Soekarman, 1991; Boleng, 2002). Dari hasil penelitian (Tabel 3), didapatkan Skor/Sel segera setelah GWO tidak berbeda ($p > 0.01$) meskipun kelompok kontinyu cenderung lebih tinggi dibanding kelompok interval, hal ini kemungkinan disebabkan karena Skor/Sel sebelum GWO tidak persis sama (tidak diukur karena dianggap homogen). Namun 24 jam setelah GWO didapatkan pemulihan glikogen hati sebesar 47% ($p > 0.000$) pada kelompok interval, sedang kelompok kontinyu hanya 22% ($p > 0.000$). Dapat disimpulkan bahwa pada olahraga interval (berat berkala), pengurusan glikogen otot sangat cepat, sehingga pengurusan glikogen hati juga cepat. Pemulihan glikogen dalam otot cepat lebih cepat, sehingga resintesis glikogen hati juga harus lebih cepat (47%).

Dalam penelitian ini hasil uji Anava perubahan skor glikogen hati per sel menunjukkan ada perbedaan bermakna ($p = 0.000$) antara skor glikogen hati per sel dari kelompok kontrol, kelompok perlakuan interval dan perlakuan kontinyu (Tabel 4). Demikian pula, terdapat perbedaan perubahan antar ke 3 kelompok (Tabel 5). Dari hasil uji anava, diperoleh perubahan terbesar skor/sel akibat latihan interval. Hal ini menunjukkan bahwa dengan latihan interval jangka lama (8 minggu) memberi manfaat pemulihan glikogen hati lebih cepat dibanding latihan kontinyu. Dari hasil seluruh rangkaian penelitian ini, tujuan penelitian telah terbukti dan tercapai.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan:
Pemulihan glikogen hati akibat latihan interval lebih cepat dibanding latihan kontinyu dan kontrol, setelah beristirahat selama 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Berger RA, 1982. Applied Exercise Physiology. Philadelphia: Lea & Febiger, pp 48-49.
- Boleng LM, 2002. Pengaruh Latihan Interval dan Kontinyu terhadap Pemulihan Glikogen Otot. Tesis Program Magister. Program Pascasarjana Unair.
- Bowtell JI, Gelly K, Patel JA, Simeoni M, Rennie MJ, 2000. Effect of Different Carbohydrate Drinks on Whole Body Carbohydrate Storage After Exhaustive Exercise. *J. Appl. Physiol.* 88 : 1529-1536.
- Casey A, Mann R, Banister K, Fox J, Morris PG, Macdonald IA, Greenhaff PL, 2000. Effect of Carbohydrate Ingestion on Glycogen Resynthesis in Human Liver and Skeletal Muscle, Measured by ^{13}C MRS. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 278 : E65- E75.
- Campbell DT, Stanley JC, 1966. Experimental and Quasi-Experimental Design for Research. Chicago: Rand McNally College Publishing Company.
- Conaglen JC, Williams AB, Malthus RS, Glover D, Sneyd JGT, 1985. Blood Glucose Homeostatis in Rats with a Deficiency of Liver Phosphorylase Kinase. *Am J Physiol* 248 (Endocrinol. Metab. 11): E44-E50.
- Fox EL, Bower RW, Foss ML, 1993. The Physiological Basis for Exercise and Sport, 5th ed. Iowa: WCB Brown & Benchmark, pp 12-37, 296, 451, 472, 504, 532, 615-616.
- Guyton AC, Hall JE, 1996. Textbook of Medical Physiology, 9th ed. Philadelphia: WB Saunders Company, pp 3-4, 297-312, 249-364, 1068.
- Hayashi T, Wojtaszewski JFP, Goodyear LJ, 1997. Exercise Regulation of Glucose Transport in Skeletal Muscle. *Am.J.Physiol.* 273 (End. Metab.36) E 1039-1051.
- Jacobs I, Westlin N, Karlsson J, Rasmusson, Margareta, Houghton B, 1982. Muscle Glycogen and Diet in Elite Soccer Players. Sweden: *Eur J Appl Physiol* 48: 297-302
- Medbo JI, 1993. Glycogen Breakdown and Lactat Accumulation During High-Intensity Cycling, National Institut of Occupational Health, Oslo, Norway. *Acta Physio Scand* 149, 85-89.
- Murakami T, Shimomura Y, Fujitsuka N, Sokabe M, Okamura K, Sakamoto S, 1997. Enlargement Glycogen Store in Rat Liver and Muscle by Fructosa-diet Intake and Exercise Training. Departement of Bioscience. Nagoya Institute of Technologi. Gokiso, Japan. *J Appl Physiol* 82 (3): 772-5
- Murray RK, Daryl KG, Peter AM, Victor WR, 2000. Harper' Biochemistry. 25th ed. Appleton & Lange, Mc Graw-Hill Co, pp 199-218.
- Nakao C, Yamada E, Fukaya M, Tayama K, Tsukamoto Y, Sato Y, 2001. Effect of Acetate on Glycogen Replenishment in Lier and Skeletal Muscles After Exhaustive Swimming in Rats. *Scand.J.Med.Sci.Sports.* Feb;11(1):33-7.

- Pate RP, Mc Lenaghan B, Rotella R, 1984. Scientific Foundation of Coaching. California: Saunders College Publishing Company, pp 1-20.
- Rotman S, Slotboom J, Kreis R, Boesch C, Jequier E, 2000. Muscle Glycogen Recovery After Exercise Measure by ¹³C-Magnetic Resonance Spectroscopy in Humans: Effect of Nutritional Solutions. *MAGMA* Dec; 11 (3) : 114-21.
- Soekarman R, 1991. Energi dan Sistem Predominan pada Olahraga. Pusat Ilmu Olahraga, KONI Pusat, hal. 4-28
- Tappy L, Jequier E, Schneiter P, 2000. Autoregulation of Glucose Production. *New Physiol Sci* 15:198-202.
- Van Den Bergh AJ, Houtman S, Heerschap A, Rehrer NJ, Van Den Boogert HJ, Oeseburg B, Hopman MTE, 1996. Muscle Glycogen Recovery After Exercise during Glucose and Fructose Intake Monitored by ¹³C-NMR. *J Appl Physiol*, 81(4): 1495-1500.
- Van Hal G, Shorreffs SM, Calbet JAL, 2000. Muscle Glycogen Resynthesis During Recovery from Cycle Exercise: no Effect of Additional Protein Ingestion
- Walker JL, Heigenhauser GJF, Hultman E, Spriet LL, 2000. Dietary Carbohydrate, Muscle Glycogen Content, and Endurance Performance in Well-Trained Women. *J. Appl. Physiol.* 88 : 2151 – 2158.