



ISSN: 1411-0016

# JURNAL IPTEK OLAHRAGA

Volume 14, Nomor 3, September-Desember 2012

**Pengembangan Hardware dan Software untuk Mengetahui Karakteristik Lompat Jauh Berbasis Telemetry**  
(Andry Akhiruyanto dan Wahyudi)

**Alat Pengukur Waktu dan Kecepatan Lari 100 Meter Berbasis Mikrokontroler**  
(Sri Mawarti, Aji Setiawan, dan Ngadino)

**Dampak Psiko-Sosial SEA Games XXVI: Survei pada Masyarakat Palembang**  
(Ali Maksum, Adang Suherman, Achmad Sofyan Hanif)

**Peningkatan Performa Atlet Selam dengan Pemberian Antioksidan**  
(Lilik Herawati, Harjanto, dan Nurul Anshori)

**Instrumen Strategi Multiteknik Mental Atlet Usia 11-13 Tahun**  
(Yusup Hidayat dan Sukadiyanto)

**Prestasi Olahraga Paralimpian Indonesia: Kajian Perspektif Psikologis**  
(Nurdidaya dan Selviana)

Diterbitkan oleh:

**KEMENTERIAN PEMUDA DAN OLAHRAGA R.I.**

Gedung Grha Pemuda dan Olahraga Lantai 4, Jalan Gerbang Pemuda No. 3  
Senayan Jakarta Pusat-10270  
Email: [jurnal\\_iptekor@yahoo.com](mailto:jurnal_iptekor@yahoo.com)

# **JURNAL IPTEK OLAHRAGA**

Volume 14, Nomor 3, September-Desember 2012

Terbit tiga kali setahun pada bulan Januari-April, Mei-Agustus, dan September-Desember, berisi naskah hasil penelitian, gagasan konseptual, kajian teori atau aplikasi Iptek olahraga.

## **Pembina**

Dr. Andi A. Mallarangeng (Menteri Pemuda dan Olahraga R.I.)

## **Penasihat**

Dra. Yuli Mumpuni Widarso (Sekretaris Kemenpora R.I.)  
Prof. Dr. Djoko Pekik Irianto, M. Kes. (Deputi Kemenpora Bidang Peningkatan Prestasi Olahraga)

## **Penanggung Jawab**

Drs. Agus Mahendra, M.A. (Asisten Deputi Penerapan Iptek Keolahragaan)

## **Ketua Penyunting**

Dr. Wahjoedi, M. Pd. (Universitas Pendidikan Ganesha Bali)

## **Wakil Ketua Penyunting**

Prof. Dr. H. M.E. Winarno, M. Pd. (Universitas Negeri Malang)

## **Mitra Bestari**

Prof. Dr. Tandiy Rahayu, M. Pd. (Universitas Negeri Semarang)  
Prof. Dr. Hari A. Rachman, M. Pd. (Universitas Negeri Yogyakarta)  
Prof. Dr. Hari Setijono, M.Pd. (Universitas Negeri Surabaya)  
Prof. Dr. Adang Suherman, M.A. (Universitas Pendidikan Indonesia)  
Dr. Asep Suharta, M.Pd. (Universitas Negeri Medan)  
Dr. Ali Maksum, M.Si. (Universitas Negeri Surabaya)  
Drs. Toto Subroto, M.Pd. (Universitas Pendidikan Indonesia)  
Drs. Dimiyati, M.Si. (Universitas Negeri Yogyakarta)

## **Penyunting Pelaksana**

Drs. Wisler Manalu, M.M., Drs. Bambang Sutiyono, M.Pd.,  
Drs. Hery Yansen Manurung, dan Muhammad Alfin, M.Pd.

## **Sekretariat**

Tolkhah Mansyur, S.Sos., Naomas S. Sitio, Mahyudin R., S.Sos, Sugiharti, SE., dan Dini Yusliyanti

**JURNAL IPTEK OLAHRAGA:** Diterbitkan oleh Asisten Deputi Iptek Olahraga, Deputi Peningkatan Prestasi Olahraga, Kementerian Pemuda dan Olahraga R.I. **Perintis:** Pusat Pengkajian dan Pengembangan Iptek Olahraga (PPPITOR).

**Publikasi Naskah:** Penyunting menerima naskah/artikel yang belum pernah diterbitkan dalam jurnal lain (Petunjuk bagi Penulis: baca pada bagian dalam sampul belakang).

**Alamat Penyunting dan Sekretariat:** Kementerian Pemuda dan Olahraga R.I., c.q Asisten Deputi Iptek Olahraga, Gedung Grha Pemuda dan Olahraga Lantai 4, Jalan Gerbang Pemuda No. 3 Senayan, Jakarta Pusat (10270), Telp/Fax (021) 5731106, email: jurnal\_iptekor@yahoo.com.

**JURNAL IPTEK OLAHRAGA**

Volume 14, Nomor 3, September-Desember 2012

**DAFTAR ISI**

|   |   |
|---|---|
| Andry Akhiruyanto dan Wahyudi                       | Pengembangan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> untuk Mengetahui Karakteristik Lompat Jauh Berbasis Telemetri .....215-228 |
| Sri Mawarti, Aji Setiawan, dan Ngadino              | Alat Pengukur Waktu dan Kecepatan Lari 100 Meter Berbasis Mikrokontroler .....229-242                                       |
| Ali Maksum, Adang Suherman, dan Achmad Sofyan Hanif | Dampak Psiko-Sosial <i>SEA Games XXVI</i> : Survei pada Masyarakat Palembang .....243-257                                   |
| Lilik Herawati, Harjanto, dan Nurul Anshori         | Peningkatan Performa Atlet Selam dengan Pemberian Antioksidan .....258-267  |
| Yusup Hidayat dan Sukadiyanto                       | Instrumen Strategi Multiteknik Mental Atlet Usia 11-13 Tahun .....268-287   |
| Nurhidaya dan Selviana                              | Prestasi Olahraga Paralimpian Indonesia: Kajian Perspektif Psikologis .....288-308  |

## PENINGKATAN PERFORMA ATLET SELAM DENGAN PEMBERIAN ANTIOKSIDAN

Lilik Herawati, Harjanto, dan Nurul Anshori

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian antioksidan vitamin C dan E dan radikal bebas yang terbentuk saat latihan fisik terhadap peningkatan simpanan sumber energi karbohidrat dan performa pada atlet selam. Penelitian ini eksperimental laboratorik dengan *pre-posttest control group design*. Subyek penelitian terdiri dari 12 atlet selam pria dan 6 wanita, yang dibagi menjadi 3 kelompok yang terdiri dari kelompok 1 yang diberi antioksidan vitamin C 1000 mg dan E 400 IU, kelompok 2 diberi vitamin C 500 mg dan E 200 IU, yang diberikan masing-masing sehari sekali selama 5 hari, dan 1 kelompok kontrol yang tidak diberi antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan bermakna pada variabel selisih kadar glukosa darah ( $p > 0,05$ ), namun pada selisih durasi selam ( $p = 0,00$ ) dengan waktu terbaik di kelompok 1. Namun dari rerata dapat diamati ada perubahan kadar glukosa darah. Perubahan tersebut adalah selisih persentase kadar glukosa antara antara 30' dan 2 jam *postprandial* (dGlu30,2j) ( $p = 0,735$ ) penurunan yang paling banyak pada kelompok 2. Hal tersebut secara tidak langsung mengindikasikan, adanya peningkatan ambilan glukosa oleh sel pada kelompok yang diberikan antioksidan terutama pada kelompok 2 vitamin C 500 mg dan E 200 IU dibandingkan pada kelompok yang lain.

**Kata kunci:** performa atlet, selam dan antioksidan.

Glukosa adalah sumber energi yang cepat mengalami metabolisme. Simpanan glukosa di sel terutama sel otot bermanfaat untuk meningkatkan enduran. Beberapa cara dilakukan untuk meningkatkan energi tersebut antara lain melalui *loading* glukosa dan latihan fisik (Fox, 1993; Kuo, 2004). Telah diketahui pula bahwa *loading* glukosa mengakibatkan *uptake* (ambilan) glukosa oleh sel meningkat. Beberapa faktor diketahui dapat meningkatkan ambilan glukosa yaitu insulin dan aktivitas radikal bebas. Namun di sisi yang lain, jumlah radikal bebas yang berlebih dapat mengganggu fungsi tubuh dan menyebabkan kerusakan sel (Becker et.al, 1997; Mu, 2001; Murrant, 2001; Harjanto, 2003; Fisher-Wellman, 2009). Efek negatif dari radikal bebas yang terbentuk, dinetralisir oleh antioksidan. Beberapa atlet termasuk atlet selam menggunakan suplemen antioksidan untuk menekan efek radikal bebas ini dengan tujuan untuk mempercepat waktu pemulihan, dan berharap dapat meningkatkan performa.

Lilik Herawati dan Harjanto adalah Dosen Departemen Ilmu Faal, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga. Sedangkan Nurul Anshori adalah Pegawai Dinas Kepemudaan dan Keolahragaan Jawa Timur.

Dari beberapa penelitian, pemberian antioksidan saat ini cenderung dinilai dari efektivitasnya dalam menghambat radikal bebas dalam mempercepat eliminasi radikal bebas dan dalam mengurangi kerusakan membran sel sehingga ada kecenderungan konsumsi antioksidan yang berlebihan. Sedangkan dari beberapa penelitian saat ini telah diketahui bahwa radikal bebas disebutkan juga mempunyai efek positif yaitu dapat meningkatkan sekresi insulin dan meningkatkan ambilan glukosa pada sel otot yang berkontraksi sehingga dapat meningkatkan simpanan sumber energi karbohidrat (Leloup, 2009; Katz, 2007; Henriksen, 2006; Bloch-Damti, 2005; Andrade, 2001). Sedangkan konsumsi antioksidan yang berlebih dapat menghambat radikal bebas dalam memfasilitasi ambilan glukosa sehingga simpanan energi yang diharapkan bisa optimal menjadi tidak tercapai.

Ambilan glukosa oleh sel telah diketahui dapat meningkatkan performa karena ambilan glukosa yang meningkat melalui pengangkutnya yaitu GLUT-4 dapat meningkatkan simpanan glikogen otot yang merupakan sumber energi siap pakai bagi otot. Apabila simpanan glikogen otot ini meningkat terutama pada atlet enduren, maka dapat meningkatkan performa atau prestasi olahraga. Telah diketahui ada 3 rangsangan utama dalam meningkatkan ambilan glukosa oleh otot yaitu insulin, olahraga, dan hipoksia (kekurangan oksigen) (Katz, 2007). Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa pada kondisi erobik dan hipoksia dapat meningkatkan radikal bebas (Becker, 1999; Vander, 1997; Mu, 2001; Murrant, 2001). Radikal bebas ini dapat mengaktifkan *AMP-Activated Protein Kinase* (AMPK) (McConnell, 2006; Wojtaszewski, 2002; Choi, 2001). Pengaktifan AMPK telah diketahui merupakan salah satu mekanisme yang menghasilkan peningkatan ambilan glukosa oleh otot saat istirahat (Holloszy, 2003). Radikal bebas juga diketahui dapat merangsang sekresi dan sensitivitas insulin sehingga ambilan glukosa oleh sel yang dimediasi insulin juga meningkat (Bastian, 2009; Leloup, 2009; Ristow, 2009).

Berdasarkan ulasan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menerapkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu pemberian antioksidan vitamin C dan E, menghambatnya radikal bebas melalui latihan fisik, serta pemberian glukosa sebelum latihan (*loading glukosa*), sehingga efek fisiologis dalam upaya peningkatan sumber energi karbohidrat dan performa terutama untuk atlet selam dapat tercapai. Simpanan energi karbohidrat diamati dengan metode tidak langsung yaitu dengan melihat besarnya selisih

kadar glukosa darah dan performa diamati dengan melihat besarnya selisih durasi saat menyelam.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik, *pre-posttest control group design*. Subyek penelitian adalah 12 pria dan 6 wanita yang dibagi dalam 3 kelompok yaitu: (1) kelompok 1 yang diberi antioksidan vitamin C 1000 mg dan vitamin E 400 IU; (2) kelompok 2 diberi antioksidan vitamin C 500 mg dan vitamin E 200 IU; dan (3) kelompok 3 kontrol = kelompok 3) tidak diberi antioksidan.

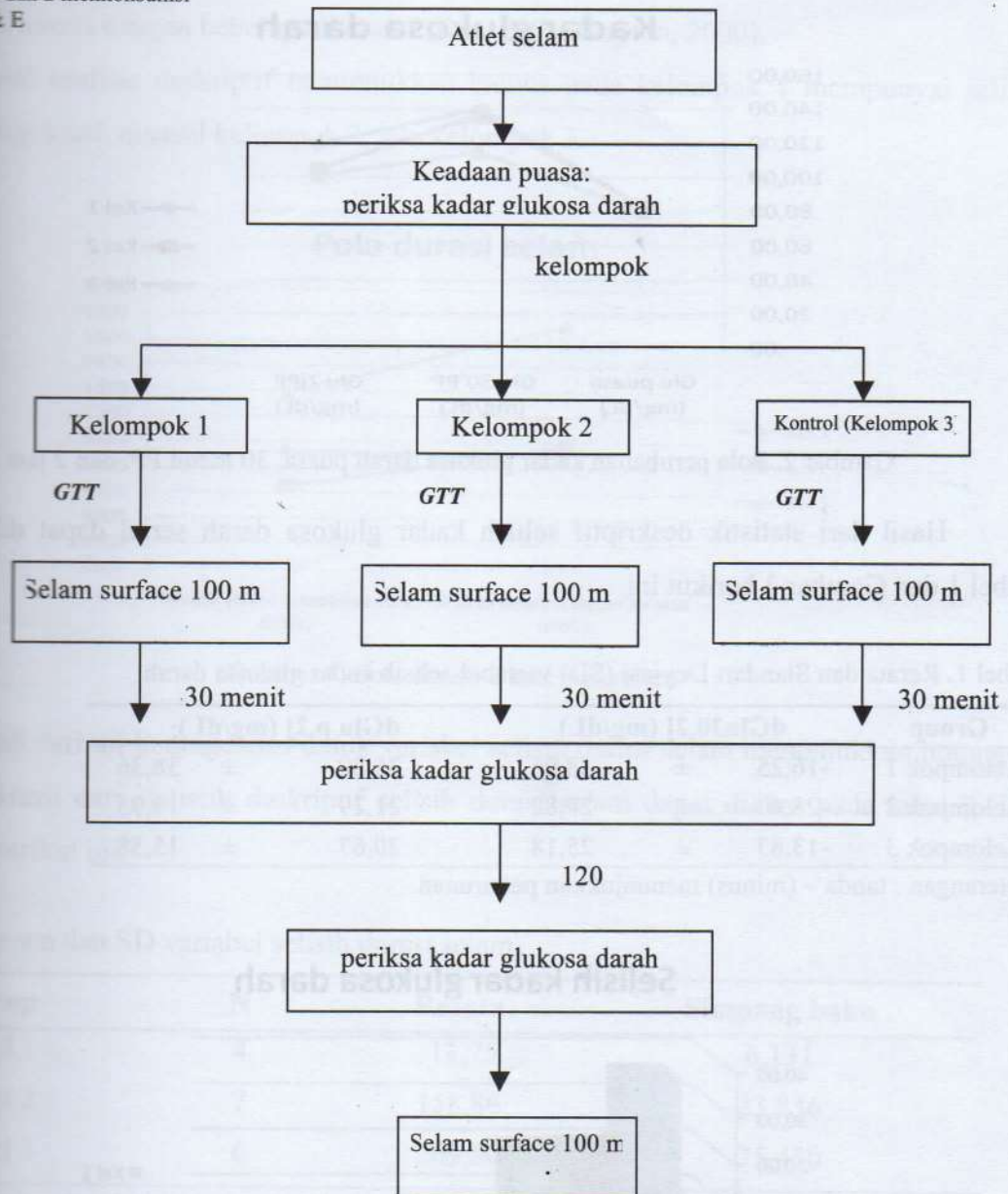
Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, yaitu pemberian antioksidan vitamin C 1000mg, 500mg dan vitamin E 400IU, 200IU, selam *surface* 100 meter, dan kadar glukosa darah. Antioksidan vitamin C dan E diberikan secara oral sehari 1 kali selama 5 hari pada kelompok 1 dan 2. Variabel tergantung yaitu dGlu p,2j atau selisih kadar glukosa darah puasa dan 2 jam *postprandial* (PP, setelah *loading* glukosa), dan dGlu30,2j atau selisih kadar glukosa 30 menit PP, dan 2 jam PP, serta dselam atau durasi selam.

Pada hari ke-6 dilakukan pengambilan data yang dilakukan di kolam renang UPN Surabaya, dimana pada hari ke-5 mulai pukul 21.00 para atlet diminta puasa hingga pengambilan data selesai. Menyelam *surface* 100 meter dilakukan 2 kali, yaitu segera setelah *loading* glukosa dan setelah pengambilan darah pada 2 jam dari *loading* glukosa.

Pada hari ke-6, dilakukan *glucose tolerance test* yang dimodifikasi. Kadar glukosa darah diambil saat puasa, lalu diberi larutan glukosa, selanjutnya atlet diminta menyelam *surface* 100 meter untuk dicatat durasinya. Pada 30 menit *postprandial* (PP, setelah minum glukosa) dan 2 jam PP dilakukan pengambilan kadar glukosa darah, setelah itu atlet diminta menyelam *surface* 100 meter lagi dan durasi dicatat.

Setelah dilakukan pengambilan data penelitian dianalisis dengan secara deskriptif dan dilakukan uji beda analisis varian (Anova). Berikut ini skema pengambilan data penelitian (prosedur penelitian) disajikan pada Gambar 1.

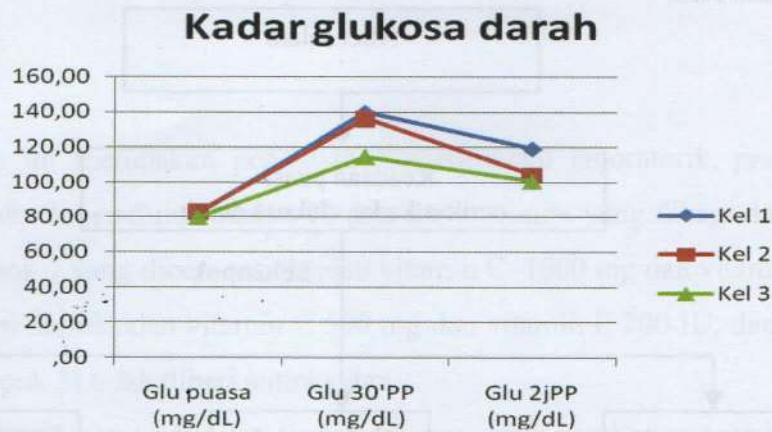
Hari Pertama sampai kelima.  
Kelompok 1 dan 2 mengonsumsi  
Witamin C & E



Gambar 1. Skema pengambilan data penelitian

## HASIL

Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas, semua variabel berdistribusi normal dan homogen ( $p > 0,05$ ). Untuk memperjelas selisih kadar glukosa darah serial, berikut ini pada Gambar 2 adalah pola perubahan kadar glukosa darah serial. Pola tersebut sesuai dengan literatur dimana pada menit ke-30 *postprandial* (PP) merupakan kadar glukosa darah yang paling tinggi dibandingkan saat puasa, dan 2 jam PP (Guyton, 2000; Fox, 2003).



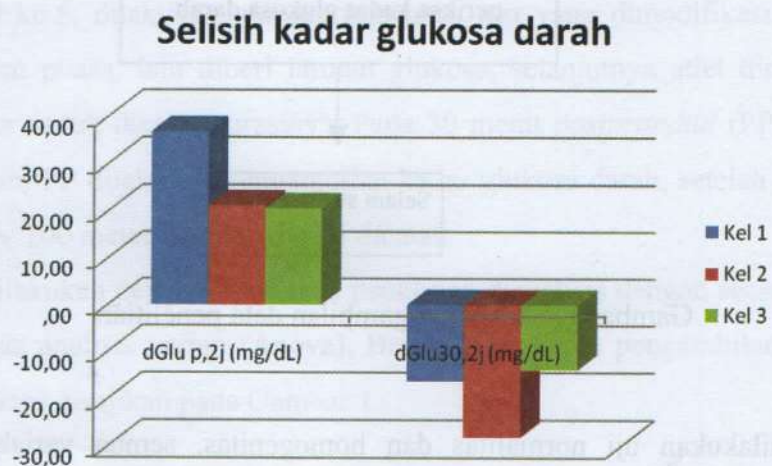
Gambar 2. Pola perubahan kadar glukosa darah puasa, 30 menit PP, dan 2 jam PP.

Hasil dari statistik deskriptif selisih kadar glukosa darah serial dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3 berikut ini.

Tabel 1. Rerata dan Standart Deviasi (SD) variabel selisih kadar glukosa darah

| Group      | dGlu30,2j (mg/dL) |         | dGlu p,2j (mg/dL) |         |
|------------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| Kelompok 1 | -16,25            | ± 38,96 | 36,80             | ± 38,36 |
| Kelompok 2 | -28,00            | ± 29,82 | 21,29             | ± 14,95 |
| Kelompok 3 | -13,83            | ± 25,18 | 20,67             | ± 15,58 |

Keterangan : tanda - (minus) menunjukkan penurunan.



Gambar 3. Selisih kadar glukosa darah puasa

Setelah dilakukan uji beda Anova dGlu30,2j ( $p = 0,735$ ), dan dGlu p,2j ( $p = 0,467$ ). Dari nilai  $p$  menunjukkan bahwa selisih kadar glukosa serial adalah tidak bermakna. Namun hal



tersebut bukan berarti tidak terdapat fenomena biologis karena pola kadar glukosa darah setelah menyelam sesuai dengan beberapa literatur (Fox, 2003; Guyton, 2000).

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa pada kelompok 1 mempunyai selisih durasi paling kecil, disusul kelompok 2, lalu kelompok 3.



Gambar 3. Pola durasi 2 kali menyelam

Hasil dari uji homogenitas untuk variabel selisih durasi selam menunjukkan homogen ( $p > 0,05$ ). Hasil dari statistik deskriptif selisih durasi selam dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4 berikut ini.

Tabel 2. Rerata dan SD variabel selisih durasi selam

| Grup  | N | Rerata | Simpang baku |
|-------|---|--------|--------------|
| Kel 1 | 4 | -11,75 | 6,131        |
| Kel 2 | 7 | 158,86 | 23,836       |
| Kel 3 | 6 | 269,50 | 25,430       |

Keterangan : tanda - (minus) menunjukkan rerata waktu saat menyelam II lebih baik daripada I.



Gambar 4. Selisih durasi selam

Setelah dilakukan uji beda Anova untuk dSelam ( $p= 0,000$ ) yang menunjukkan ada perbedaan bermakna. Namun dari rerata nampak bahwa kelompok 1 mempunyai perbedaan durasi lebih rendah dibandingkan kelompok 2 dan kelompok 3.

## PEMBAHASAN

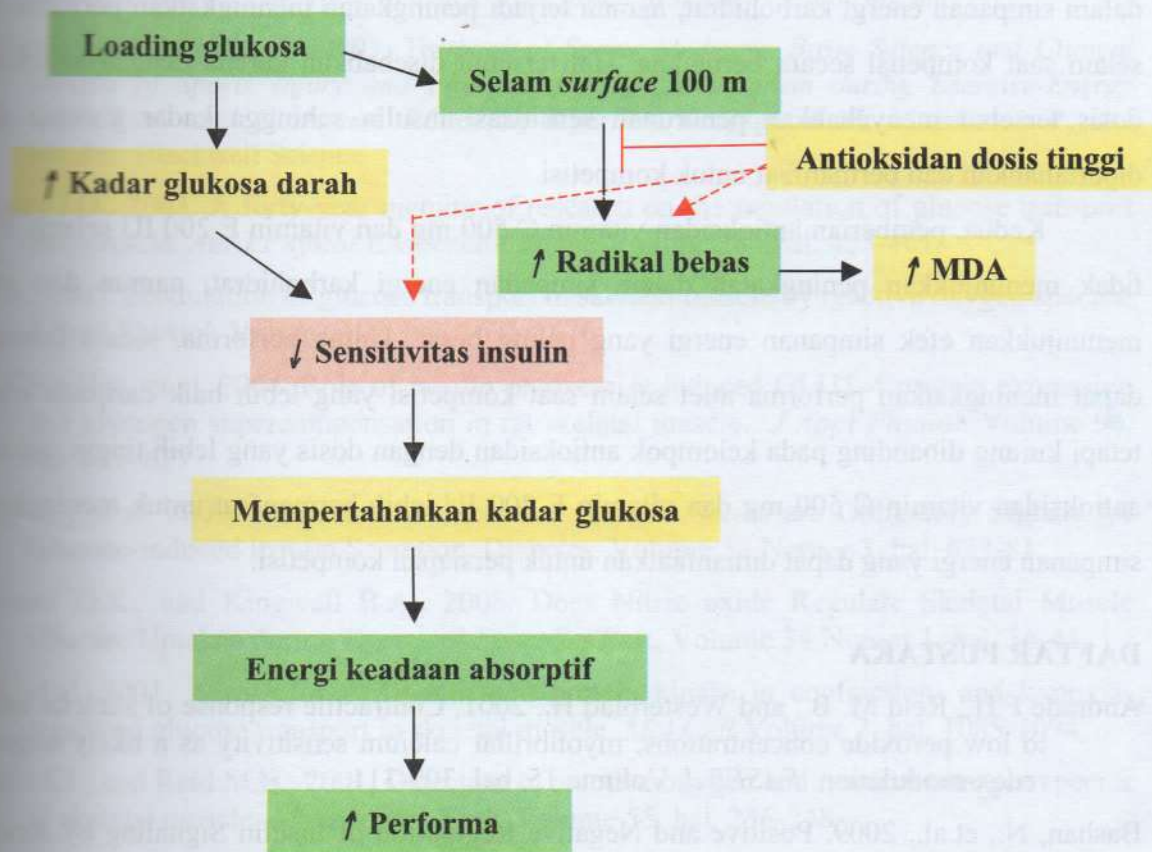
Simpanan energi karbohidrat ini secara tidak langsung, dapat dilihat dari perubahan kadar glukosa darah yang terjadi yaitu dengan memperkirakan besarnya ambilan glukosa oleh sel. Apabila ambilan glukosa oleh sel ini meningkat, dapat diasumsikan ada kenaikan yang lebih sedikit pada kadar glukosa darah, atau penurunan yang lebih banyak pada kadar glukosa darah. Perubahan kadar glukosa darah ini akan diamati berdasarkan waktu pengambilan spesimen darah yaitu puasa, 30 menit *postprandial* (PP/setelah makan), 60 menit PP, dan 2 jam PP atau modifikasi tes toleransi glukosa (Fox, 2003).

Pada saat 2 jam PP, kadar glukosa darah menurun tetapi belum sepenuhnya kembali seperti pada keadaan puasa. Kadar glukosa kembali seperti keadaan puasa adalah sekitar 3 jam PP (Fox, 2003). Apabila diperhatikan, penurunan kadar glukosa darah saat puasa, menit ke-30 dan 60 menuju 2 jam PP, pada kelompok 2 didapatkan penurunan yang paling banyak. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa ambilan glukosa pada yang menggunakan antioksidan vitamin C 500 mg dan E 200 IU (kelompok 2) lebih banyak dibandingkan kelompok 1 dan 3. Nampaknya, untuk antioksidan pada kelompok 1 terlalu berlebihan dibandingkan dengan kelompok 2 yang mengakibatkan hambatan pada ambilan glukosa karena antioksidan yang berlebih kemungkinan malah menjadi oksidan (Halliwell, 1998).

Sebagaimana terlihat pada gambar 5, selisih durasi selam tersebut untuk melihat kemampuan seorang atlet ketika harus melakukan lebih dari sekali menyelam dalam satu sesi kompetisi. Berdasarkan rerata terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok dan durasi yang selisihnya paling kecil terjadi pada kelompok 1. Hal tersebut dapat diartikan pemberian antioksidan dapat meningkatkan performa atlet.

Kadaan yang lebih baik pada kelompok 1 terkait dengan durasi selam, kemungkinan karena kadar glukosa darah pada kelompok 1 lebih tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan pemakaian dominansi sumber energi. Pada keadaan *postabsorptive* (diantara waktu makan, misal puasa), energi yang dominan berasal dari simpanan energi di jaringan. Pada keadaan *absorptive* (2-3 jam PP), sumber energi lebih banyak diambil dari sirkulasi (Henriksson,

2005). Apabila melihat fenomena tersebut, nampaknya antioksidan seperti pada kelompok 1 diperlukan ketika suatu kompetisi berlangsung pada keadaan *absorptive*.



Gambar 5. Mekanisme antioksidan dosis tinggi dalam mempertahankan glukosa darah yang berguna saat kompetisi

Dengan melihat fenomena yang terjadi tersebut, manfaat aplikatif dalam penggunaan antioksidan pada atlet selam dapat dilihat dari 2 sudut pandang. *Pertama*, apabila ditujukan untuk meningkatkan simpanan energi sebagai persiapan seorang atlet enduren (efek kronik) maka penggunaan antioksidan diperlukan dengan dosis tidak terlalu tinggi yaitu antioksidan vitamin C 500 mg dan E 200 IU. *Kedua*, penggunaan antioksidan dengan dosis yang lebih tinggi yaitu antioksidan vitamin C 1000 mg dan E 400 IU nampaknya lebih bermanfaat untuk menghadapi kompetisi (fase akut).

## KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut: *Pertama*, pemberian antioksidan vitamin C 1000 mg dan vitamin E 400 IU selama 5 hari tidak menunjukkan peningkatan dalam simpanan energi karbohidrat, namun terjadi peningkatan meningkatkan performa atlet selam saat kompetisi secara bermakna. Hal tersebut disebabkan karena dengan antioksidan dosis tersebut menyebabkan penurunan sensitivasi insulin sehingga kadar glukosa dapat dipertahankan dan bermanfaat untuk kompetisi.

Kedua, pemberian antioksidan vitamin C 500 mg dan vitamin E 200 IU selama 5 hari tidak menunjukkan peningkatan dalam simpanan energi karbohidrat, namun dari rerata menunjukkan efek simpanan energi yang paling besar. Untuk performa, secara bermakna dapat meningkatkan performa atlet selam saat kompetisi yang lebih baik daripada kontrol tetapi kurang dibanding pada kelompok antioksidan dengan dosis yang lebih tinggi, sehingga antioksidan vitamin C 500 mg dan vitamin E 200 IU lebih bermanfaat untuk meningkatkan simpanan energi yang dapat dimanfaatkan untuk persiapan kompetisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrade F.H., Reid M. B., and Westerblad H.. 2001. Contractile response of skeletal muscle to low peroxide concentrations: myofibrillar calcium sensitivity as a likely target for redox-modulation. *FASEB J*. Volume 15, hal. 309-311.
- Bashan, N., et.al., 2009. Positive and Negative Regulation of Insulin Signaling by Reactive Oxygen and Nitrogen Species. *Physiol Rev*. Volume 89, hal. 27-71.
- Becker L. B., et.al. 1999. Generation of superoxide in cardiomyocytes during ischemia before reperfusion. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. Volume 277, hal 2240-2246.
- Bloch-Damti A, and Bashan N.. 2005. Proposed mechanisms for the induction of insulin resistance by oxidative stress. *Antioxid Redox Signal* Volume 7, hal. 1553-1567.
- Choi, S.L., et.al.. 2001. The regulation of AMP-activated protein kinase by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Biochem Biophys Res Commun*, Volume hal. 92-97.
- Fisher-Wellman K., and Bloomer R.J.. 2009. Acute Exercise and Oxidative Stress: a 30 year history. *Dynamic Medicine*, Volume 8, Nomor 1 hal. 118-147.
- Fox, 2003. *Human Physiology*. 8<sup>th</sup> edition. Boston: McGraw-Hill.
- Guyton, A. C., Hall JE, 2000. *Textbook of Medical Physiology*, 10<sup>th</sup> edition. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Halliwell B, dan Gutteridge J.. 1998. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press.

- Harjanto. 2003. Petanda Biologis dan Faktor yang Mempengaruhi Derajat Stres Oksidatif pada Latihan Olahraga Aerobik Sesaat. *Disertasi Program Doktor Pascasarjana Universitas Airlangga tidak diterbitkan*, Surabaya.
- Henriksen E.J. 2006. Exercise training and the antioxidant [alpha]-lipoic acid in the treatment of insulin resistance and type 2 diabetes. *Free Radic Biol Med* Volume 40, hal. 3-12.
- Henriksen J., and Sahlin K.. 2003. *Textbook of Sports Medicine, Basic Science and Clinical Aspects of Sports Injury and Physical Activity: Metabolism during Exercise-Energy Expenditure and Hormonal*. Edited by Kjær M, Krogsgaard M, Magnusson P, etc. Malden: Blackwell Science.
- Hollnagel J.O.. 2003. A forty-year memoir of research on the regulation of glucose transport into muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* Volume 284 hal. 453-467.
- Hsu A. 2007. Modulation of glucose transport in skeletal muscle by reactive oxygen species. *J Appl Physiol*. Volume 102, hal. 1671-1676.
- Hsu, Chia-Hua, et.al. 2004. Role of insulin on exercise-induced GLUT-4 protein expression and glycogen supercompensation in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol*. Volume 96, hal. 621-627.
- Idroop C., et al. 2009. Mitochondrial Reactive Oxygen Species are Obligatory Signals for Glucose-induced Insulin Secretion. *Diabetes*. Volume 58 Nomor 3, hal. 673-81.
- MacDonald G.K., and Kingwell B.A.. 2006. Does Nitric oxide Regulate Skeletal Muscle Glucose Uptake during Exercise? *Sport Sci.Rev.*, Volume 34 Nomor 1, hal. 36-41.
- Ma J. et.al. 2001. A role for AMP-activated protein kinase in contraction- and hypoxia-regulated glucose transport in skeletal muscle. *Mol Cell* Volume 7, hal. 1085-1094.
- Warrent CL, and Reid M.B.. 2001. Detection of reactive oxygen and reactive nitrogen species in skeletal muscle. *Microsc Res Tech*. Volume 55, hal. 236-248.
- Ratow M, et.al. 2009. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *PNAS*. Volume 106, Nomor. 21.
- Vander A, Sherman J, and Luciano D.. 2001. *Human Physiology The Mechanisms of Body Function, 8<sup>th</sup> edition*. Boston: The Mc Graw-Hill Companies.
- Wojtaszewski J.F.P., Nielsen J.N., and Richter E.A.. 2002. Exercise Effects on Muscle Insulin Signaling and Action Invited Review: Effect of Acute Exercise in Insulin Signaling and Action in Humans. *J Appl Physiol* Volume 93, hal. 384-392.