

Editor: Dr. Mirza Hapsari Sakti Titis Penggalih, S.Gz., RD., MPH

# Respons Biokimia

— dan —

# Fisiologi Atlet



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas karunia-Nya hingga buku ini telah tersusun. Kesuksesan seorang atlet dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya adalah dukungan dari penatalaksanaan diet yang tepat sehingga atlet berada dalam kondisi fisik yang prima dan performa yang optimal. Penentuan status gizi hingga penatalaksanaan diet pada atlet memiliki tantangan tersendiri karena olahraga memberikan respons metabolik spesifik yang berpengaruh terhadap kebutuhan energi dan zat gizi. Dalam merencanakan diet untuk atlet, ahli gizi perlu memahami respons metabolisme tubuh selama olahraga; penilaian status gizi melalui berbagai faktor seperti antropometri, biokimia, fisiologi klinis, dan asupan makan; metode-metode perhitungan kebutuhan energi dan zat gizi; hingga penyusunan menu makanan yang sesuai.

Pada buku yang sudah terbit sebelumnya, yaitu *Gizi Olahraga I: Sistem Energi pada Atlet, Antropometri Atlet, dan Asupan Makan Atlet*, kami menyajikan panduan komprehensif bagi ahli gizi dalam memahami respons metabolisme yang terjadi selama olahraga, pengukuran antropometri sebagai salah satu aspek penilaian status gizi, penilaian asupan makan dan cairan pada atlet, hingga langkah-langkah dalam merencanakan dan mengaplikasikan intervensi diet pada atlet. Sementara itu, pada jilid dua, yakni buku *Gizi Olahraga II: Respons Biokimia dan Fisiologi Atlet* ini, kami menyajikan uraian lengkap mengenai perubahan yang terjadi pada darah dan cairan tubuh serta aspek mekanisme fisiologi akibat adaptasi aktivitas fisik rutin yang dilakukan.

Selain ahli gizi, buku ini juga dapat dimanfaatkan oleh pelatih, *official team*, hingga atlet dalam memahami pentingnya pendampingan gizi yang tepat guna mendukung pencapaian performa terbaik. Kami berharap agar buku ini dapat memberikan manfaat sebanyak-banyaknya dalam mendukung perkembangan dunia olahraga di Indonesia.

Kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat menyambut kritik dan saran untuk perbaikan buku ini ke depannya.

Tim Penulis

# PENDAHULUAN

Performa merupakan salah satu hal yang menentukan kemenangan saat pertandingan karena menjadi tolok ukur kekuatan ataupun daya tahan seorang atlet. Penggalih *et al.*<sup>1</sup> menyebutkan bahwa performa seorang atlet dipengaruhi oleh 69,8% status gizinya dan pengaruh tersebut meningkat hingga 72,5% dengan mempertimbangkan aspek adaptasi latihan. Terdapat bermacam-macam aspek status gizi atlet, yaitu aspek antropometri, biokimia darah ataupun urin, fisiologi dan kondisi klinis tubuh, serta asupan makan ataupun minum. Buku ini fokus membahas bagian biokimia, fisiologi, dan kondisi klinis dari seorang atlet.

Profil lipid darah, status vitamin, dan mineral dapat diketahui dari pengukuran biokimia.<sup>2</sup> Parameter yang berkaitan dengan metabolisme atlet dapat diperoleh dari pengukuran tersebut. Pengukuran biokimia yang biasa dilakukan pada atlet adalah pengukuran biokimia darah dan urin. Pemeriksaan biokimia darah pada atlet umumnya hampir sama dengan pemeriksaan pada nonatlet. Pemeriksaan biokimia darah pada atlet di antaranya untuk mengetahui profil darah lengkap, seperti sel darah merah, hemoglobin, hematokrit, sel darah putih, glukosa darah, asam urat, dan lipid darah. Selain itu, pemeriksaan biokimia darah dapat dilakukan sebagai indikator tertentu, seperti pengukuran laktat dan zink. Pemeriksaan biokimia urin pada atlet umumnya untuk mengetahui kondisi hidrasi dan kandungan lain yang terdapat dalam urin. Penilaian status gizi komponen biokimia pada atlet dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam memberikan intervensi gizi.

Pemeriksaan klinis merupakan pemeriksaan yang umum dilakukan kepada atlet. Bagi ahli gizi, pemeriksaan klinis merupakan pemeriksaan penunjang untuk menentukan intervensi gizi. Pemeriksaan klinis yang biasa dilakukan pada atlet di antaranya adalah pemeriksaan tekanan darah, denyut nadi, jantung, dan paru-paru. Pemeriksaan klinis dilakukan untuk mengetahui kondisi kesehatan atlet dan terkait penilaian performa atlet. Dalam kompetisi olahraga, seseorang cenderung mencapai batas maksimal kemampuannya dan relatif memiliki ketidaknormalan pada sistem kardiovaskuler yang dapat berakibat fatal.<sup>3</sup> Pemeriksaan klinis yang dilakukan secara teratur dapat menghindarkan atlet dari kejadian cedera dan sakit.

## Referensi

1. Penggalih, M.H.S.T., Juffrie, M., Sofro, Z.M., Sudargo, T. 2017. "Correlation between Nutritional Status and Lifestyle For Youth Soccer Athlete Performance: A cohort study" dalam *Pakistan Journal of Nutrition* 16(12): 895–905.
2. Mielgo-Ayuso, J., Maroto-Beatriz, S., Luzardo-Socorro, R., Palacios, G., Gil-Antufiano, N.P., Gonzales-Gross, M. 2015. "Evaluation of Nutritional Status and Energy Expenditure in Athletes" dalam *Nutritional Hospital* 31: 227–236.
3. Jeejeebhoy, K.N., Jeejeebhoy, F.M. 2011. "Clinical Assessment of Athletes" dalam *Nutritional Assessment of Athletes*. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press.

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
PENDAHULUAN .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>1 RESPONS DAN ADAPTASI BIOKIMIA PADA ATLET</b>	
<i>Mirza Hapsari Sakti Titis Penggalih, Zaenal Mutaqqien Sofro, Almira Nadia, Ibtidau Niamilah, Kurnia Mar'atus Solichah .....</i>	1
1.1. Pendahuluan.....	2
1.2. Pengukuran Biokimia Darah pada Atlet .....	3
1.3. Pengukuran Status Hidrasi.....	32
Daftar Pustaka.....	53
<b>2 RESPONS DAN ADAPTASI FISIOLOGI ATLET</b>	
<i>Mirza Hapsari Sakti Titis Penggalih, Zaenal Mutaqqien Sofro, Kurnia Mar'atus Solichah .....</i>	59
2.1. Pendahuluan.....	60
2.2. Sistem Kardiovaskuler.....	60
2.3. Sistem Keseimbangan Cairan Tubuh.....	72
2.4. Sistem Respirasi.....	81
2.5. Sistem Muskuloskeletal .....	90
2.6. Sistem Endokrin.....	95
2.7. Perbedaan Jenis Kelamin Atlet .....	100

2.8. Performa Atlet.....	101
INDEKS.....	127
PROFIL PENULIS .....	130

# DAFTAR TABEL

1	RESPONS DAN ADAPTASI BIOKIMIA PADA ATLET .....	1
Tabel 1.	Perubahan Konsentrasi Glukosa, Asam Lemak, dan Keton pada Plasma .....	6
Tabel 2.	Fase Homeostasis Glukosa .....	8
Tabel 3.	Metabolisme Sumber Energi pada Kondisi Kelaparan .....	9
Tabel 4.	Kategori Kadar Glukosa Darah .....	11
Tabel 5.	Kategori Kadar Lipid Darah .....	16
Tabel 6.	Nilai Normal Hemoglobin .....	20
Tabel 7.	Nilai Normal Hematokrit .....	22
Tabel 8.	Kategori Kadar Asam Urat Darah .....	25
Tabel 9.	Penilaian Klinis pada Diagnosis Defisiensi Zink .....	31
Tabel 10.	Karakteristik Pengukuran Status Hidrasi .....	37
Tabel 11.	Kategori Status Hidrasi Berdasarkan Urin .....	51
2	RESPONS DAN ADAPTASI FISIOLOGI ATLET .....	59
Tabel 1.	Respons Denyut Jantung terhadap Tingkat Aktivitas Fisik dan Usia .....	65
Tabel 2.	Kategori Tekanan Darah .....	67
Tabel 3.	Kategori Denyut Jantung Atlet .....	68
Tabel 4.	Komposisi Elektrolit pada Cairan Tubuh <sup>21</sup> .....	73
Tabel 5.	Petunjuk Penggantian Cairan Bagi Atlet <sup>28</sup> .....	81



Tabel 6. Tipe-Tipe Serabut Otot <sup>2</sup> .....	94
Tabel 7. Respons Sistem Endokrin terhadap Aktivitas Fisik <sup>2,36</sup> .....	96
Tabel 8. Indikator <i>Training Pyramid</i> Setiap Cabang Olahraga.....	103
Tabel 10. Kategori Kebugaran Fisik dengan Tes Lari 15 Menit (Balke) <sup>47</sup> .....	108
Tabel 9. Kategori Kebugaran Fisik dengan Tes Lari 2,4 Km <sup>47</sup> .....	108
Tabel 11. Formulir Pencatatan Lari Multitahap <sup>47</sup> .....	110
Tabel 13. Norma Tes Kekuatan Otot Atlet Laki-Laki <sup>47</sup> .....	114
Tabel 14. Norma Tes Kekuatan Otot Atlet Perempuan <sup>47</sup> .....	114
Tabel 15. Norma Tes Angkat Badan Siku Ditekuk <sup>47</sup> .....	116
Tabel 16. Klasifikasi Hasil Tes <i>Chin Ups</i> <sup>47</sup> .....	116
Tabel 17. Klasifikasi Tes Duduk dan Jangkau.....	117
Tabel 18. Klasifikasi Hasil Tes <i>The Stork Stand</i> <sup>47</sup> .....	119
Tabel 19. Klasifikasi Hasil Tes Lari Cepat 6 Detik <sup>47</sup> .....	120

# DAFTAR GAMBAR

1	RESPONS DAN ADAPTASI BIOKIMIA PADA ATLET .....	1
Gambar 1.	Penggunaan Glikogen saat Latihan .....	5
Gambar 2.	Fase Homeostasis Glukosa pada Kondisi Puasa .....	7
Gambar 3.	Pemilihan Sumber Energi pada Kondisi Kelaparan atau Puasa. Kadar glukosa darah menurun diiringi dengan peningkatan asam lemak dan badan keton sebagai sumber energi. ....	10
Gambar 4.	Pengukuran Kadar Hemoglobin dengan Metode <i>Fingerstick</i> .....	21
Gambar 5.	Proses Peningkatan Asam Urat Akibat Latihan.....	25
Gambar 6.	Hubungan antara Konsentrasi Laktat (BL), Intensitas Latihan, Denyut Jantung (HR), $\dot{V}O_2$ Max, dan Konsumsi Oksigen.....	28
Gambar 8.	Pengukuran Status Hidrasi dengan Indikator Warna Urin .	46
Gambar 9.	Skala Warna Urin .....	48
2	RESPONS DAN ADAPTASI FISILOGI ATLET .....	59
Gambar 1.	<i>Monitoring</i> Tekanan Darah Atlet Sebelum dan Sesudah Latihan.....	69
Gambar 2.	Hierarki Sistem Saraf Otonom .....	70
Gambar 3.	Mekanisme renin-angiotensin-aldosteron .....	78

Gambar 4. Komponen Sel Otot.....	91
Gambar 5. Kontrol dan Pengendalian Kontraksi Otot .....	93
Gambar 6. <i>Training Pyramid</i> pada Atlet .....	104
Gambar 7. Pengukuran $\dot{V}O_2$ Max Langsung.....	107
Gambar 9. Atlet yang Sedang Menjalani Tes Ergometri.....	112
Gambar 10. <i>Hand Grip Dynamometer</i> .....	113