

HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN KELELAHAN OTOT PADA ATLET SEPAK BOLA REMAJA

Iqlima Safitri^{1*}, Liani Setyarsih¹, Hardhono Susanto², Suhartono³, Deny Yudi Fitranti¹

¹Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro. Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

²Departemen Kedokteran Umum, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro. Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

³Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro. Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

*Penulis Penanggungjawab: E-mail: iqlimasafitri36@gmail.com

ABSTRACT

Background: Muscle fatigue in soccer athletes can worsen athlete performance during matches on the field. Muscle fatigue is signed by the presence of lactic acid. Low hemoglobin (Hb) levels can cause a higher production of lactic acid.

Objectives: analyze the relationship of hemoglobin levels with lactic acid levels in adolescent soccer athletes

Methods: This is an observational study with Cross-sectional design at Terang Bangsa Soccer School Semarang. The sample was 24 soccer athletes aged 15-17 years old. Hemoglobin levels were measured using the cyanthemoglobin method. Lactic acid levels were measured by taking capillary blood samples at the fingertips using the Roche Accutrend Plus. Correlation analysis was conducted by using Pearson correlation and Rank Spearman.

Results: More than 70% of subjects have a lack of protein intake and 50% of them also have a lack of iron intake. However, almost all subjects had normal hemoglobin levels. The correlation test showed a significant negative relationship between hemoglobin levels and lactic acid levels with moderate correlation values was $p < 0.05$; $r: -0.465$. Negative correlation means when Hb levels increase, so that lactic acid decrease, and vice versa.

Conclusion: There is a significant relationship between hemoglobin levels and muscle fatigue characterized by lactic acid levels in adolescent soccer athletes.

Keywords: Hemoglobin; muscle fatigue; lactic acid; adolescent soccer athletes

ABSTRAK

Latar belakang: Kelelahan otot pada atlet sepak bola dapat memperburuk performa atlet selama pertandingan di lapangan. Kelelahan otot ditandai dengan adanya hasil samping asam laktat. Kadar hemoglobin yang rendah dapat menimbulkan produksi asam laktat yang lebih tinggi.

Tujuan: menganalisis hubungan kadar hemoglobin dengan kadar asam laktat atlet sepak bola remaja.

Metode: Penelitian observasional dengan desain Cross-sectional di Sekolah Sepak Bola Terang Bangsa Semarang. Sampel penelitian adalah 24 atlet sepak bola berusia 15-17 tahun. Kadar hemoglobin diukur menggunakan metode cyanthemoglobin. Kadar asam laktat diukur dengan cara pengambilan sampel darah kapiler di ujung jari menggunakan alat Roche Accutrend Plus. Uji hubungan dilakukan dengan menggunakan korelasi Pearson dan Rank Spearman.

Hasil: Lebih dari 70% subjek memiliki tingkat kecukupan asupan protein yang kurang dan 50% di antaranya juga memiliki tingkat kecukupan asupan zat besi yang kurang. Meskipun demikian, hampir seluruh subjek memiliki kadar hemoglobin yang normal. Uji korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan kadar asam laktat dengan nilai kekuatan korelasi sedang ($p < 0,05$; $r: -0,465$). Artinya, jika atlet memiliki kadar Hb yang tinggi, maka dia akan memiliki kadar asam laktat yang rendah, begitupun sebaliknya.

Simpulan: Adanya hubungan yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan kelelahan otot yang ditandai dengan kadar asam laktat pada atlet sepak bola remaja.

Kata Kunci: Hemoglobin; kelelahan otot; asam laktat; atlet sepak bola remaja

PENDAHULUAN

Terjadi penurunan prestasi pada Tim Nasional Sepak Bola Indonesia U-19 sejak 2013 hingga 2018. Pada 2013, timnas U-19 menjuarai piala AFF (ASEAN Football Federation). Sayangnya, prestasi ini menurun di tahun 2017, timnas U-19 hanya mampu menjadi *second runner-up* piala AFF. Tahun berikutnya, timnas U-19 gagal melewati babak perempat final di Piala Asia 2018.¹ Penurunan prestasi ini tidak terlepas dari performa atlet di

lapangan.² Studi oleh Badan Tim Nasional Persatuan Sepak Bola Indonesia (PSSI) menunjukkan bahwa atlet sepak bola profesional Indonesia sering mengalami kelelahan dan penurunan performa khususnya mulai menit ke-60.³ Kelelahan otot pada atlet sepak bola dapat memperburuk performa atlet selama pertandingan di lapangan.

Kelelahan otot merupakan terjadinya penurunan kekuatan maksimal atau produksi daya ledak maksimal sebagai respons terhadap aktivitas

kontraktil pada otot yang terlibat sehingga berakibat pada penurunan performa olahraga. Kelelahan otot terjadi ketika pasokan oksigen pada sel tidak memadai sehingga proses produksi ATP bergeser dari proses aerobik (dengan oksigen) ke glikolisis anaerob (tanpa oksigen).⁴ Ciri utama sistem glikolisis anaerobik adalah tidak membutuhkan oksigen dan terbentuknya produk sampingan yaitu asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan otot.⁵

Banyak faktor yang mempengaruhi kelelahan otot, di antaranya jenis kelamin, usia, status kesehatan, kesegaran jasmani, komposisi tubuh, komposisi jenis serat otot, kelompok otot yang terlibat, aktivitas dan latihan fisik, asupan serta lingkungan.⁶ Status kesehatan yang berpengaruh terhadap kelelahan otot adalah adanya anemia. Anemia terjadi ketika jumlah sel darah merah kurang dari batas normal. Pengukuran yang sering dilakukan untuk mengetahui adanya anemia pada seseorang adalah dengan mengukur kadar hemoglobin.⁷ Hemoglobin adalah molekul pigmen protein yang mengandung besi yang dibawa dalam sel darah merah dan membawa hampir semua O₂ dalam darah.⁸

Performa olahraga tergantung pada kapasitas tubuh untuk mengangkut oksigen.⁷ Kekurangan hemoglobin pada atlet menyebabkan berkurangnya transfer O₂ dari darah ke mitokondria sehingga mekanisme penghasil energi di dalam mitokondria kurang optimal. Di lokasi-lokasi dengan aliran O₂ tidak mencukupi, metabolisme glikolitik anaerob melengkapi produksi ATP aerobik sehingga menimbulkan jumlah asam laktat yang lebih besar.⁸

Penelitian terdahulu menyebutkan pemberian suplemen zat besi selama 2 minggu pada 9 atlet wanita anemia dapat meningkatkan kadar hemoglobin dan menurunkan kadar asam laktat darah setelah olahraga secara signifikan.⁹ Penelitian lain menyebutkan bahwa subjek dengan sifat sel darah merah bulan sabit memiliki kadar asam laktat lebih rendah selama pemanasan dan olahraga dibandingkan dengan kelompok kontrol.¹⁰

Keterkaitan kadar hemoglobin dengan kelelahan otot pada atlet masih menjadi perdebatan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan kadar hemoglobin dengan kelelahan otot yang ditandai dengan kadar asam laktat pada atlet sepak bola remaja.

METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan desain *Cross-sectional* yang dilaksanakan di Sekolah Sepak Bola (SSB) Terang Bangsa Semarang. Besar Sampel dalam penelitian ini sebanyak 24 subjek. Subjek penelitian dipilih melalui *consecutive sampling* dari seluruh jumlah atlet yang memenuhi kriteria inklusi: laki-laki berusia 15-18

tahun, tergabung dalam klub sepak bola minimal 1 tahun, minimal mengikuti 90% kehadiran latihan fisik di SSB Terang Bangsa dalam 12 minggu terakhir, tidak sedang sakit, cidera, atau dalam perawatan dokter, tidak mengonsumsi suplemen atau *sport drink* berbasis karbohidrat 24 jam sebelum penelitian, tidak melakukan latihan fisik intensitas berat 24 jam sebelum penelitian, tidak merokok dan mengonsumsi alkohol. Keikutsertaan atlet dalam SSB minimal 1 tahun merupakan cara pengendalian penyamaan adaptasi fisik terhadap latihan fisik antara seluruh subjek. Variabel independen adalah kadar hemoglobin, variabel dependen adalah kelelahan otot yang ditandai dengan kadar asam laktat. Variabel perancu adalah persen lemak tubuh, persen massa otot, aktifitas fisik, VO₂max, tingkat kecukupan asupan energi, karbohidrat, lemak, protein, dan zat besi.

Data yang dikumpulkan meliputi data karakteristik subjek meliputi nama, usia, dan tanggal lahir diambil menggunakan kuesioner. Data berat badan, tinggi badan, persen lemak tubuh, persen massa otot menggunakan *Bioelectric Impedance Analyzer* (BIA) injak. Data aktivitas fisik 24 jam terakhir diukur menggunakan formulir *Physical Activity Level* (PAL). Data asupan makan 24 jam terakhir diukur menggunakan formulir *recall* 24 jam. Data VO₂max diukur menggunakan *bleep test*. Kadar hemoglobin diukur menggunakan metode fotometri berdasarkan intensitas warna yang diserap (*cyanthemoglobin*). Kadar asam laktat darah dengan cara pengambilan sampel darah kapiler di ujung jari yang diukur dengan alat merk *Accutrend Plus Merk Roche*. Data berat badan, tinggi badan, persen lemak tubuh, persen massa otot, aktivitas fisik, asupan makan, dan VO₂max dilakukan oleh enumerator. Kadar hemoglobin dan asam laktat dilakukan oleh petugas laboratorium.

Beberapa variabel akan dikategorikan untuk menggambarkan distribusi frekuensi karakteristik subjek. Indeks Massa Tubuh (IMT) dikategorikan menjadi tiga, dikatakan *underweight* bila IMT <18,5 kg/m²; normal bila IMT 18,5-24,9 kg/m²; dan *overweight* bila IMT 25-29,9 kg/m².¹¹ Persen massa lemak dikategorikan menjadi tiga, dikatakan kurang bila <7%, baik bila 7-14%, dan lebih bila >14%.¹² Persen massa otot dikategorikan menjadi tiga, dikatakan tinggi bila >44%, normal bila 40-44%, dan kurang <40%.¹³ Aktivitas fisik dikategorikan menjadi tiga, dikatakan ringan bila nilai PAL 1,40-1,69 kkal/jam; sedang bila 1,70-1,99 kkal/jam; berat bila 2,0-2,40 kkal/jam.¹⁴ VO₂max dikategorikan menjadi tiga, dikatakan rendah bila <40.7 ml/kg/menit; baik bila 40.8-51.5 ml/kg/menit; dan sangat baik bila >51.6 ml/kg/menit.¹⁵ Asupan energi, karbohidrat, lemak, dan protein dikategorikan menjadi dua,

dikatakan baik bila persen kecukupan 80-110% dan dikategorikan kurang bila pemenuhan kurang dari 80%.¹⁶ Kebutuhan zat besi remaja laki-laki usia 15-18 tahun adalah 11 mg menurut Angka Kecukupan Gizi (AKG) 2018. Tingkat asupan zat besi dikategorikan baik apabila $\geq 65\%$ AKG dan kurang apabila $< 65\%$ AKG.¹⁷ Kadar hemoglobin dikategorikan menjadi dua, dikatakan rendah untuk atlet usia 15-22 tahun bila < 13 g/dl dan dikatakan normal bila > 13 g/dl.¹⁸ Kadar asam laktat istirahat dikategorikan menjadi dua, dikatakan normal bila < 2 mmol/l dan dikatakan ada indikasi kelelahan bila > 2 mmol/l.¹⁹

Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik subjek meliputi usia, IMT, persen massa lemak, persen massa otot, $VO_2\max$, aktivitas fisik, kadar hemoglobin, kadar asam laktat, tingkat kecukupan asupan energi, karbohidrat, lemak, protein, dan zat besi. Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui hubungan antara kadar hemoglobin dengan kadar asam laktat menggunakan uji korelasi Pearson karena data berdistribusi normal. Analisis multivariat digunakan untuk menganalisis variabel perancu yang juga ikut berpengaruh terhadap kadar asam laktat. Analisis multivariat menggunakan regresi linear ganda. Analisis data menggunakan *software* SPSS. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan *Ethical*

Clearance dari Komite Etika Penelitian Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro Semarang (No. 498/EC/KEPK/FK-UNDIP/XI/2019).

HASIL

Karakteristik Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Sekolah Sepak Bola Terang Bangsa Semarang. Subjek penelitian berjumlah 24 atlet sepak bola remaja laki-laki dengan rata-rata usia 16 tahun. Rerata IMT subjek penelitian ini tergolong normal, namun rerata persen massa lemak tergolong berlebih. Rerata kadar Hb subjek penelitian termasuk normal. Sementara rerata kadar asam laktat termasuk ada indikasi kelelahan (Tabel 1). Rerata aktivitas fisik para subjek tergolong ringan karena saat dilakukan pengambilan data PAL merupakan hari yang tidak ada latihan fisik rutin. Intensitas latihan mereka tergolong sering dalam satu pekan. Atlet mendapatkan 4x latihan/minggu dimana masing-masing latihan berdurasi 90 menit. Setiap kali latihan, 45 menit digunakan untuk penjelasan teori dan meningkatkan ketahanan fisik dan kecepatan mereka, lalu 45 menit lagi untuk latihan bertanding antar sesama. Seluruh subjek sudah mendapatkan latihan rutin tersebut minimal 1 tahun. Rerata tingkat kecukupan asupan zat gizi makro dan mikro tergolong kurang, kecuali tingkat kecukupan asupan lemak (Tabel 2).

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	Rerata \pm SD	Minimal	Maksimal
Usia (tahun)	15,95 \pm 0,81	15	17
IMT (kg/m ²)	22,08 \pm 2,31	18,40	26,3
Persen massa lemak (%)	17,49 \pm 3,32	12,00	23,10
Persen massa otot (%)	40,67 \pm 2,28	37,50	44,50
$VO_2\max$ (ml/kg/menit)	47,51 \pm 4,52	37,10	57,46
Aktivitas Fisik (kkal/jam)	1,55 \pm 0,24	1,13	1,88
Kadar Hb (g/dl)	15,19 \pm 1,01	13,40	17,30
Kadar asam laktat	2,27 \pm 0,47	1,30	3,20

Tabel 2. Karakteristik Tingkat Kecukupan Asupan Zat Gizi Subjek Penelitian

Variabel	Rerata \pm SD	Minimal	Maksimal
Tingkat kecukupan asupan energi (%)	72,22 \pm 23,07	41,03	116,82
Tingkat kecukupan asupan karbohidrat (%)	62,72 \pm 18,25	31,43	106,79
Tingkat kecukupan asupan lemak (%)	92,03 \pm 31,43	31,10	153,41
Tingkat kecukupan asupan protein (%)	70,44 \pm 26,90	28,90	133,58
Tingkat kecukupan asupan zat besi (%)	49,96 \pm 18,62	14,00	103,33

Sebanyak lebih dari 80% subjek memiliki IMT yang normal, namun bila dilihat dari persen massa lemak hampir 80% subjek memiliki persen massa lemak yang berlebih. Hanya 8,3% yang memiliki $VO_2\max$ rendah, sementara lainnya memiliki $VO_2\max$ baik dan sangat baik. Sebanyak 70% subjek memiliki aktivitas fisik yang ringan sehari sebelum pengambilan data. Lebih dari 60% subjek memiliki tingkat kecukupan asupan zat gizi makro yang

kurang, kecuali untuk tingkat kecukupan asupan lemak subjek dengan asupan kurang hanya 29%. Begitu pula dengan tingkat kecukupan asupan zat besi yang hampir 90% subjek memiliki tingkat asupan zat besi yang kurang. Meskipun demikian, hampir seluruh subjek memiliki kadar Hb yang normal, hanya 1 subjek yang memiliki kadar Hb rendah (Tabel 3).

Tabel 3. Deskripsi Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	Kategori	n	%
IMT	underweight	1	4,2
	normal	20	83,3
	overweight	3	12,5
Persen massa lemak	kurang	0	0
	normal	5	20,8
	lebih	19	79,2
Persen massa otot	kurang	9	37,5
	normal	13	54,2
	tinggi	2	8,3
VO ₂ max	rendah	2	8,3
	baik	19	79,2
	sangat baik	3	12,5
Aktivitas Fisik	ringan	17	70,8
	sedang	7	29,2
	kurang	15	62,5
Tingkat kecukupan asupan energi	baik	6	25
	berlebih	3	12,5
	kurang	20	83,3
Tingkat kecukupan asupan karbohidrat	baik	4	16,7
	berlebih	0	0
	kurang	7	29,2
Tingkat kecukupan asupan lemak	baik	8	33,3
	berlebih	9	37,5
	kurang	17	70,8
Tingkat kecukupan asupan protein	baik	5	20,8
	berlebih	2	8,3
	kurang	21	87,5
Tingkat kecukupan asupan zat besi	baik	3	12,5
	kurang	1	4,2
	normal	23	95,8
Kadar hemoglobin	kurang	1	4,2
	normal	23	95,8
Kadar asam laktat	indikasi kelelahan	15	62,5
	normal	9	37,5

Tabel 4. Hubungan Kadar Hemoglobin dengan Kadar Asam Laktat

Variabel	Rerata±SD	Minimal	Maksimal	p	r
Kadar Hb	15,19±1,01	13,40	17,30	0,034	-0,465
Kadar asam laktat	2,27±0,47	1,30	3,20		

^akorelasi Pearson

Hubungan Kadar Hemoglobin dengan Kadar Asam Laktat

Uji korelasi menunjukkan bahwa kadar hemoglobin secara signifikan berhubungan negatif dengan kadar asam laktat ($p < 0,05$) (Tabel 4). Artinya, jika atlet memiliki kadar Hb yang tinggi, maka dia akan memiliki kadar asam laktat yang rendah, begitupun sebaliknya.

Hubungan Variabel Perancu dengan Kadar Asam Laktat

Hasil uji hubungan variabel perancu dengan kadar asam laktat menunjukkan semua variabel perancu tidak berhubungan dengan kadar asam laktat ($p > 0,05$) (Tabel 5). Berdasarkan hasil ini, tidak dilakukan uji multivariat dengan regresi linier ganda.

Tabel 5. Hubungan Variabel Perancu dengan Kadar Asam Laktat

Variabel	p	r
Persen massa lemak	0,77	-0,061
Persen massa otot	0,913	0,024
VO ₂ max	0,749	0,069
Aktivitas fisik	0,626	-0,105
Tingkat kecukupan asupan energi	0,708	-0,081
Tingkat kecukupan asupan karbohidrat	0,565	0,124
Tingkat kecukupan asupan lemak	0,369	-0,192
Tingkat kecukupan asupan protein	0,522	-0,137
Tingkat kecukupan asupan zat besi	0,40	-0,18

^akorelasi Pearson

PEMBAHASAN

Sebanyak lebih dari 80% subjek memiliki IMT yang normal, namun bila dilihat dari persen massa lemak hampir 80% subjek memiliki persen massa lemak yang berlebih. Hal ini bisa jadi dikarenakan tingkat kecukupan asupan lemak subjek yang tergolong baik (33,3%) bahkan 37,5% lainnya tergolong berlebih. Diet tinggi lemak bersifat obesogenik karena menghasilkan peningkatan massa lemak yang konsisten.²⁰

Lebih dari 90% atlet memiliki $VO_2\max$ yang baik dan sangat baik. Hal ini dikarenakan intensitas latihan mereka yang tergolong sering dalam satu pekan. Para atlet mendapatkan 4x latihan/minggu dimana masing-masing latihan berdurasi 90 menit. Setiap kali latihan, 45 menit digunakan untuk penjelasan teori dan meningkatkan ketahanan fisik dan kecepatan mereka, lalu 45 menit lagi untuk latihan bertanding antar sesama. Seluruh subjek sudah mendapatkan latihan rutin tersebut minimal 1 tahun. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa pemberian aktivitas fisik yang terstruktur meliputi penguatan, peregangan otot, dan latihan penguatan tulang 3x/minggu selama 30 menit diberikan selama 6 bulan menunjukkan hasil peningkatan $VO_2\max$ yang signifikan dibandingkan dengan kelompok dengan aktivitas fisik tidak terstruktur. Latihan fisik yang terstruktur dalam waktu lama (3 bulan lebih) menjadikan peningkatan ukuran jantung dan peningkatan volume stroke atau peningkatan volume darah yang dipompa keluar dari ventrikel setiap denyutnya. Peningkatan volume stroke dianggap sebagai salah satu alasan peningkatan $VO_2\max$.²¹

Hampir seluruh atlet memiliki kadar hemoglobin yang normal. Namun, bila ditinjau dari tingkat kecukupan asupan, lebih dari 70% atlet memiliki tingkat kecukupan asupan protein yang kurang dan 87,5% atlet juga memiliki tingkat kecukupan asupan zat besi yang kurang. Dimungkinkan normalnya kadar hemoglobin pada sebagian besar atlet karena latihan fisik yang rutin dilakukan oleh atlet. Sebuah penelitian menyebutkan latihan fisik dan durasi latihan sangat penting dalam adaptasi sistem sel darah. Pelari dengan usia dan antropometrik yang sama dikirim ke jenis latihan yang sama, tetapi durasi latihan berbeda menghasilkan pelari dengan durasi latihan lebih dari 3 tahun cenderung memiliki rerata jumlah sel darah merah dan kadar hemoglobin yang lebih baik daripada pelari dengan durasi latihan kurang dari 3 tahun. Terjadi peningkatan jumlah sel darah merah dan konsentrasi hemoglobin untuk memenuhi permintaan tubuh selama latihan karena tubuh harus menyediakan oksigen dalam jumlah cukup selama latihan. Akibatnya adaptasi tubuh akan menstimulasi *erythropoiesis*.²²

Dampak latihan fisik dengan durasi lama berpengaruh pada eritropoiesis melalui adaptasi intrinsic metabolisme tulang. Atlet yang melakukan latihan *endurance* rutin selama 4 bulan mengalami penurunan sirkulasi sitokin proinflamasi seperti interferon- γ yang dapat menghambat proliferasi dan diferensiasi EPC (*erythroid progenitor cells*, sel-sel progenitor darah merah yang ada di sumsum tulang). Selain itu, latihan *endurance* rutin selama 4 bulan juga dapat meningkatkan afinitas reseptor antara eritropoietin (glikoprotein hormon yang dapat merangsang proliferasi dan diferensiasi sel-sel progenitor darah merah) dan EPC. Hal ini dapat meningkatkan volume sel darah merah. Oleh karena itu, latihan fisik dalam jangka waktu lama dapat meningkatkan kadar hemoglobin melalui mekanisme ini.²³

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan kadar asam laktat dengan nilai kekuatan korelasi sedang ($p < 0,05$; $r: -0,465$) (Tabel 4). Artinya, jika atlet memiliki kadar Hb yang tinggi, maka dia akan memiliki kadar asam laktat yang rendah, begitupun sebaliknya. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, yang menunjukkan bahwa penurunan kadar hemoglobin dapat menurunkan *anaerobic threshold* (AT) atau ambang anaerobik. AT merupakan penanda penting dari kebugaran kardiorespirasi karena memberikan penilaian kemampuan sistem kardiovaskular untuk memasok O_2 pada tingkat yang memadai untuk mencegah anaerobiosis otot yang ditandai dengan akumulasi laktat.⁸ Adanya penurunan kadar Hb dapat mengakibatkan kapasitas difusi O_2 otot lebih rendah dan difusi paru berkurang. Hal ini menjadikan berkurangnya volume darah dan menurunnya daya angkut O_2 darah sehingga akan menurunkan kapasitas aerobik. Adanya penurunan kapasitas aerobik ketika Hb berkurang menjadikan resintesis ATP aerobik harus dilengkapi dengan metabolisme anaerob yang menyebabkan peningkatan produksi laktat.⁸

Metabolisme anaerob terjadi ketika suplai ATP harus tetap berjalan meski tanpa O_2 . Proses ini biasa disebut dengan glikolisis anaerob. Glikolisis meningkatkan produksi piruvat, dimana piruvat selanjutnya akan masuk dalam siklus TCA (*Tricarboxylic Acid*/siklus asam trikarbositat) untuk oksidasi. Jika produksi piruvat melebihi oksidasi, kelebihan piruvat diubah menjadi asam laktat, yang berdisosiasi menjadi laktat dan H^+ yang mengakibatkan akumulasi laktat di dalam darah.⁴

SIMPULAN

Adanya hubungan yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan kelelahan otot yang ditandai dengan kadar asam laktat pada atlet sepak bola

remaja. Latihan fisik yang rutin dalam jangka waktu lama dapat mempengaruhi metabolisme eritropoiesis atlet sehingga meningkatkan kadar hemoglobin dan menurunkan kadar asam laktat. Atlet sepak bola remaja sebaiknya memeriksakan Kesehatan secara rutin terutama kadar hemoglobin sebagai salah satu penanda defisiensi zat besi supaya kelelahan otot dapat dicegah lebih dini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada manager dan pelatih Sekolah Sepak Bola Terang Bangsa yang telah memberikan izin dan membantu selama penelitian, kepada seluruh atlet yang berpartisipasi dalam penelitian ini, dan kepada enumerator yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Gonsaga A. Daftar juara piala AFF U-18, Indonesia di bawah Thailand dan Myanmar [Internet]. *kompas.com*. 2017 [cited 2019 Aug 17]. Available from: <https://bola.kompas.com/read/2017/09/01/07420048/daftar-juara-piala-aff-u-18-indonesia-di-bawah-thailand-dan-myanmar?page=all>
- Bompa T, Buzzichelli CA. *Periodization training for sports*. Third Edit. Canada; 2015.
- Setiawan MI. Pengaruh suplementasi protein susu terhadap performa otot dan status antioksidan total pada atlet sepak bola [Tesis]. Universitas Diponegoro; 2018.
- Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med*. 2017;49(10):e384-11.
- Widiyanto. Latihan fisik dan asam laktat. *Medikora*. 2007;3(1):61-79.
- Wallmann HW. Sports-specific rehabilitation part 3 muscle fatigue, muscle damage, and overtraining concepts. In: *Sports-Specific Rehabilitation*. Elsevier Inc.; 2007. p. 87-95.
- Dewoolkar A, Patel N, Dodich C. Iron deficiency and iron deficiency anemia in adolescent athletes: a systematic review. *Int J Child Heal Hum Dev*. 2014;7(1):11.
- Otto JM, Montgomery HE, Richards T. Haemoglobin concentration and mass as determinants of exercise performance and of surgical outcome. *Extrem Physiol Med*. 2013;2(1):1-8.
- Schoene RB, Escourrou P, Robertson HT, Nilson KL, Parsons JR, Smith NJ. Iron repletion decreases maximal exercise lactate concentrations in female athletes with minimal iron-deficiency anemia. *J Laboratory Clin Med*. 1983;102(2):306-12.
- Sara F, Hardy-Dessources MD, Voltaire B, Etienne-Julan M, Hue O. Lactic response in sickle cell trait carriers in comparison with subjects with normal hemoglobin. *Clin J Sport Med*. 2003;13(2):96-101.
- Nelms M, Sucher KP, Lacey K, Roth SL. *Nutrition Therapy and Pathophysiology 2/e*. Second Edi. Wadsworth; 2010. 555 p.
- Setiowati A. Hubungan indeks massa tubuh, persen lemak tubuh, asupan zat gizi dengan kekuatan otot. *J Media Ilmu Keolahragaan Indones*. 2014;4(1):32-8.
- Latifah NN, Margawati A, Rahadiyanti A. Hubungan komposisi tubuh dengan kesegaran jasmani pada atlet hockey. *J Keolahragaan*. 2019;7(2):146-54.
- The United Nations F. Human energy requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. *Food and nutrition bulletin*. Rome; 2001.
- Tongprasert S, Wattanapan P. Aerobic capacity of fifth-year medical students at Chiang Mai University. *J Med Assoc*. 2007;90(7):1411-6.
- Aminudin A, Dachlan DM, Juratmy L. Studi tentang kesesuaian antara asupan dengan kebutuhan zat gizi makro warga binaan wanita di rumah tahanan negara klas I Makassar. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 2011;7(1):127-32.
- Hardinsyah, DB, Retnaningsih, TH. *Modul Pelatihan Ketahanan Pangan "Analisis Kebutuhan Konsumsi Pangan"*. Bogor; 2004.
- Subagio TDJ, Kinanti RG, Andiana O. *Survei Kadar Hemoglobin Pada Atlet Bulutangkis Di Kota Batu Dan Kota Malang*. 2014.
- Widiyanto, Hariono A, Tirtawirya D. Karakteristik lactate threshold pada atlet taekwondo daerah istimewa yogyakarta selama kompetisi. *J Penelit Hum*. 2014;19(2):190-8.
- Massiera F, Barbry P, Guesnet P, Joly A, Luquet S, Moreilhon-Brest C, et al. A Western-like fat diet is sufficient to induce a gradual enhancement in fat mass over generations. *J Lipid Res*. 2010;300.
- Sharma VK, Subramanian SK, Radhakrishnan K, Rajendran R, Ravindran BS, Arunachalam V. Comparison of structured and unstructured physical activity training on predicted VO₂max and heart rate variability in adolescents - A randomized control trial. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2017;28(3):225-38.
- Shivalingaiah J, Vernekar SS, Raichur RN, Goudar SS. Influence of athletic training on hematological parameters in runners: A cross-sectional study. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol*. 2015;5(2):125-8.
- Montero D, Breenfeldt-Andersen A, Oberholzer L, Haider T, Goetze JP, Meinild-Lundby AK, et al. Erythropoiesis with endurance training: Dynamics and mechanisms. *Am J Physiol - Regul Integr Comp Physiol*. 2017;312(6):R894-902.