

**LITERATURE REVIEW:
HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN
NILAI VO₂ MAKS PADA ATLET**

Dina Ananda Wulandari¹, Siti Kaidah², Huldani²

¹Program Studi Kedokteran Program Sarjana, Fakultas Kedokteran,
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

²Departemen Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat,
Banjarmasin, Indonesia

Email korespondensi: dinaananda11@gmail.com

Abstract: *Sport is a form of physical activities that is carried out by a program and measurable manner that aim of achieving physical fitness and achievement. To achieve the optimal athlete achievement, good hemoglobin levels and VO₂ max are necessary because they both a critical role in providing energy and transporting oxygen to tissues when doing competitions. This literature review aims to analyze the relationship between hemoglobin levels and VO₂ max in athletes from 16 literatures. The reviewed articles were obtained through the Google Scholar and PubMed databases. The articles included are in English and Indonesian with the publication year 2011-2021. Based on the 16 literatures, there were differences in results, 93.75% of them showed a relationship between hemoglobin levels and VO₂ max in athletes while the rest showed no significant relationship. The difference in results is supposed to be related to differences in several influencing factors, such as gender, type of sport, physical activity, duration and intensity of exercise, body composition, individual variation, and sports anaemia.*

Keywords: *correlations, hemoglobin, VO₂ max, athletes*

Abstrak: *Olahraga merupakan bentuk aktivitas fisik yang dilakukan secara terprogram dan terukur dengan tujuan tercapainya kebugaran jasmani dan prestasi. Untuk mencapai prestasi atlet secara optimal, kadar hemoglobin dan nilai VO₂ maks yang baik diperlukan karena keduanya berperan dalam penyedia energi serta pengangkut oksigen ke jaringan ketika melakukan pertandingan. Literature review ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO₂ maks pada atlet dari 16 literatur. Artikel yang direview diperoleh melalui database jurnal kedokteran, yaitu Google Scholar dan PubMed. Artikel yang disertakan menggunakan bahasa Inggris dan Indonesia dengan tahun publikasi 2011-2021. Berdasarkan 16 literatur, ditemukan perbedaan hasil, 93,75% diantaranya memperlihatkan hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO₂ maks pada atlet sedangkan sisanya memperlihatkan tidak ada hubungan signifikan. Perbedaan hasil ini diduga berkaitan dengan adanya perbedaan pada beberapa faktor yang berpengaruh, seperti jenis kelamin, jenis cabang olahraga, aktivitas fisik, durasi dan intensitas latihan, komposisi tubuh, variasi individu, serta sport anaemia.*

Kata-kata kunci: *hubungan, hemoglobin, VO₂ maks, atlet*

PENDAHULUAN

Olahraga merupakan bentuk aktivitas fisik yang dilakukan secara terprogram dan terukur dengan tujuan tercapainya kebugaran jasmani dan prestasi. Olahraga prestasi yaitu olahraga yang dilakukan oleh setiap orang yang mempunyai bakat dan potensi.¹

Agar tujuan prestasi dalam berolahraga dapat tercapai secara maksimal, para atlet dituntut untuk memiliki ketahanan fisik yang baik dimana salah satu komponennya adalah mempunyai daya tahan kardiorespirasi yang baik.² VO_2 maks merupakan salah satu parameter dari kebugaran atau daya tahan kardiorespirasi. VO_2 maks merupakan jumlah oksigen sebanyak-banyaknya yang dapat diambil oleh tubuh untuk digunakan dalam aktivitas atau latihan fisik.³

Menurut Tumiwa et al. atlet Indonesia masih banyak yang memiliki nilai VO_2 maks di bawah rata-rata. Padahal, nilai VO_2 maks yang baik dapat mencegah atlet merasakan kelelahan berlebih saat melakukan aktivitas olahraga sehingga dapat tampil prima.⁴ VO_2 maks dianggap sebagai dasar kekuatan gerak seorang atlet dalam menjalani latihan dan penyedia energi utama untuk melakukan segala aktivitas ketika berlangsungnya pertandingan.^{5,6}

Kadar hemoglobin menjadi salah satu dari faktor eksternal yang dapat menentukan nilai VO_2 maks seseorang.⁷ Nilai VO_2 maks terbukti meningkat pada atlet ketika hemoglobin telah ditingkatkan oleh pengaturan eritropoietin manusia rekombinan (rhEPO) melalui peningkatan sintesis hemoglobin.⁸ Besi yang terkandung di dalam hemoglobin dibutuhkan untuk pengikatan oksigen yang akan diedarkan ke seluruh jaringan tubuh.⁷ Kadar hemoglobin juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap prestasi seorang atlet karena apabila seseorang mengalami anemia maka transport oksigen ke sel tubuh ataupun otak akan berkurang sehingga dapat menimbulkan gejala seperti

mudah lelah, letih, dan lesu yang membuat aktivitas, kebugaran, serta prestasinya menjadi menurun.⁹ Sehingga, baik atau buruknya performa seorang atlet dalam melakukan aktivitas fisik atau olahraga dapat ditentukan oleh kadar hemoglobin serta nilai VO_2 maks.⁷

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa didapatkan hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks. Penelitian Isti¹⁰ pada atlet olahraga permainan dan Hariyanti¹¹ pada atlet softball memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks. Namun, penelitian Listianasari pada atlet sepak bola menunjukkan tidak ada hubungan bermakna antara kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks.⁶ Berdasarkan uraian tersebut, *literature review* ini diharapkan dapat memberikan tinjauan terkait hubungan kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks.

HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN NILAI VO_2 MAKS PADA ATLET

Literature review ini merangkum artikel yang membahas tentang hubungan kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks pada atlet. Intisari yang diambil dari beberapa penelitian dalam *literature review* ini adalah nama peneliti, judul penelitian, tahun publikasi, subjek, metode, hasil, dan kesimpulan penelitian yang kemudian dimasukkan ke dalam sebuah tabel (Tabel 1).

Tabel 1. Literatur Terkait Hubungan Kadar Hemoglobin dengan Nilai VO₂ Maks pada Atlet

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
1	Cai et al. (2019) ¹³	<i>Hematological, hormonal and fitness indices in youth swimmers: gender-related comparisons</i>	308 perenang muda yang terdiri dari 137 perempuan dan 171 laki-laki pada umur 8-16 tahun, dibagi tiga kelompok pada masing-masing jenis kelamin sesuai pengalaman latihan: pemula, menengah, dan lanjutan.	<i>Quasi experimental</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Rata-rata kadar hemoglobin pada perempuan 13,551 g·dl⁻¹, pada laki-laki 14,535 g·dl⁻¹. - Rata-rata kadar hemoglobin pada kelompok pemula: perempuan 13,44 ± 0,72 g·dl⁻¹, laki-laki 13,74 ± 0,88 g·dl⁻¹. Kelompok menengah: perempuan 13,57 ± 0,81 g·dl⁻¹, laki-laki 14,41 ± 0,96 g·dl⁻¹. Kelompok lanjutan: perempuan 13,68 ± 0,77 g·dl⁻¹, laki-laki 15,46 ± 0,72 g·dl⁻¹. - Rata-rata nilai VO₂ maks pada perempuan 47,53 ml·kg⁻¹·min⁻¹, pada laki-laki 54,27 ml·kg⁻¹·min⁻¹. 	Terdapat korelasi sederhana dan signifikan antara konsentrasi hemoglobin dengan nilai VO ₂ maks (p < 0,001) r = 0,345.
2	Goodrich et al. (2018) ¹⁴	<i>The influence of oxygen saturation on the relationship between hemoglobin mass and vo₂max</i>	17 perempuan dan 16 laki-laki pesepeda yang terlatih daya tahan secara kompetitif dan <i>triathletes</i> yang berada di ketinggian sedang (1500-2000 meter), berumur 18-42 tahun.	<i>Quasi experimental</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Rata-rata massa hemoglobin absolut pada laki-laki adalah 977 ± 102 g, sedangkan pada perempuan sebesar 647 ± 100 g, rata-rata massa hemoglobin yang dinormalisasi ke massa tubuh pada laki-laki adalah 14,0 ± 1,3 g·kg⁻¹, sedangkan pada perempuan sebesar 11,1 ± 1,3 g·kg⁻¹. - Rata-rata nilai VO₂ maks absolut pada laki-laki adalah 5,12 ± 0,45 l·min⁻¹, sedangkan pada perempuan adalah 3,22 ± 0,43 l·min⁻¹, rata-rata nilai VO₂ maks yang dinormalisasi ke massa tubuh pada laki-laki adalah 73,4 ± 5,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹, sedangkan pada perempuan adalah 55,2 ± 5,9 ml·kg⁻¹·min⁻¹. - Saat kedua parameter (massa hemoglobin total dan VO₂ maks) dinyatakan sebagai nilai absolut, didapatkan hubungan positif antara keduanya dengan r²=0,88 p<0,001 dan ketika kedua parameter dinormalisasi ke massa tubuh didapatkan r²=0,73 p<0,001. Ketika massa hemoglobin disesuaikan dengan SaO₂ pada VO₂ maks, parameter ini berhubungan positif 	Memperhitungkan SaO ₂ pada VO ₂ maks tidak meningkatkan hubungan antara massa hemoglobin dan VO ₂ maks pada atlet yang berada di ketinggian sedang.

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
3	Astuti RW. (2019) ¹²	Hematokrit dan kadar hemoglobin dengan konsumsi oksigen maksimal (VO ₂ maks) pada atlet remaja	79 atlet remaja di SMAN Satu Sewon (laki-laki: 55 orang, perempuan: 24 orang) dan berumur 15-19 tahun.	Observasi onal, bentuk rancangan penelitian: <i>cross-sectional</i>	dengan VO ₂ maks, baik ketika dinyatakan sebagai nilai absolut dan ketika dinormalisasi ke massa tubuh. - Terdapat 68 atlet yang memiliki kadar hemoglobin kategori normal dan 11 atlet kategori tidak normal. - Nilai VO ₂ maks atlet pada kategori <i>poor</i> sebanyak 2,5%, <i>fair</i> 19%, <i>good</i> 50,6%, <i>excellent</i> 26,6%, dan <i>superior</i> 1,3%. - Terdapat 76,9% subjek pada kelompok atlet <i>endurance</i> memiliki kadar hemoglobin normal dan VO ₂ maks pada kategori baik, sedangkan pada kelompok atlet non <i>endurance</i> sebesar 93,1%.	- Didapatkan hubungan yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks pada atlet remaja dengan $r = 0,323$, $p = 0,002$. - Jenis kelamin memengaruhi hubungan antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks $p = 0,004$. - Cabang olahraga memengaruhi hubungan antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks $p = 0,005$ ($p < 0,05$).
4	Wati IDP. (2021) ¹⁰	<i>Are hemoglobin and volume oxygen maximum (vo₂max) relevant each other?</i>	83 atlet PON cabang olahraga permainan yang terdiri dari 39 laki-laki dan 44 perempuan.	Deskriptif korelasional	- Rata-rata kadar hemoglobin yaitu 14,16. - Rata-rata nilai VO ₂ maks yaitu 33.	Terdapat korelasi antara hemoglobin dengan VO ₂ maks tetapi tidak tinggi (cukup) dengan angka korelasi 0,484.
5	Junaidi J. (2018) ¹⁵	<i>Relationship of hemoglobin concentration and lung vital capacity with maximal</i>	50 atlet nasional Indonesia.	<i>Survey method</i>	- Rata-rata kadar hemoglobin sebesar 13,88. - Rata-rata nilai VO ₂ maks sebesar 40,77.	Didapatkan hubungan positif (proporsional) yang signifikan antara konsentrasi hemoglobin dan VO ₂ maks dengan angka koefisien korelasi

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
		<i>aerobic capacity (vo2 max) at Indonesian national athletes</i>				$r_{xy} = 0,719$ sehingga ketika kadar hemoglobin meningkat maka akan diikuti dengan peningkatan VO_2 maks.
6	Prima A. (2018) ¹⁶	<i>Vital capacity and haemoglobin level in correlation with endurance of adolescent football athlete</i>	23 atlet klub sepak bola Muhardi Football Academy (MFA) Tangerang, Banten.	<i>Survey method</i>	- Seluruh atlet pada penelitian ini memiliki kadar hemoglobin normal. - Terdapat 8 atlet yang memiliki VO_2 maks pada kategori cukup dan 15 atlet pada kategori kurang.	Didapatkan hubungan yang positif dan signifikan antara hemoglobin dan VO_2 maks dengan koefisien korelasi $r_{X2Y} = 0,469$.
7	Saunders et al. (2013) ¹⁷	<i>Relationship between changes in haemoglobin mass and maximal oxygen uptake after hypoxic exposure</i>	145 atlet ketahanan (94 laki-laki dan 51 perempuan). Dibagi menjadi 2 kelompok; kelompok ketinggian (83 atlet) dan kelompok kontrol (62 atlet).	Kohort	- Terdapat korelasi antara persentase perubahan hemoglobin dengan VO_2 maks signifikan baik untuk kombinasi kelompok ketinggian dan kontrol maupun ketika kelompok ketinggian dan kontrol dipisahkan.	Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara hemoglobin dengan VO_2 maks ($p < 0,0001$; $r = 0,75$).
8	Gligorosa et al. (2020) ¹⁸	<i>Correlations between red blood cells variables, cardio-physiological and anthropological variables in</i>	625 orang yang terdiri dari 410 laki-laki dan 215 perempuan pada usia 8-18 tahun, dibagi menjadi 2 kelompok sesuai dengan jenis kelamin.	<i>Quasi experimental</i>	- Subjek pada kelompok laki-laki memiliki rata-rata kadar hemoglobin 13,91 g/dl dan VO_2 maks 39,59 ml.kg. - Subjek pada kelompok perempuan memiliki rata-rata kadar hemoglobin 12,9 g/dl dan VO_2 maks 29,86 ml.kg.	Hemoglobin menunjukkan korelasi positif lemah dengan VO_2 maks pada laki-laki ($r = 0,21$; $p < 0,001$), sedangkan pada perempuan didapatkan hasil korelasi yang tidak signifikan.

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
9	Malczewska-Lenczowska et al. (2016) ¹⁹	<i>young athletes Total hemoglobin mass, aerobic capacity, and hbb gene in polish road cyclists</i>	89 atlet sepeda usia 16-28 tahun (50 laki-laki dan 39 perempuan) kemudian dibagi berdasarkan jenis kelamin.	<i>Quasi experimental</i>	- Rata-rata total massa hemoglobin pada kelompok perempuan yaitu $10,7 \pm 1,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, sedangkan pada kelompok laki-laki $13,8 \pm 1,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.	Terdapat hubungan antara total massa hemoglobin dengan VO_2 maks baik pada atlet perempuan ($p = 0,00002$) maupun atlet laki-laki ($p = 0,00008$).
10	Novita N. (2015) ²⁰	Hubungan kadar hemoglobin terhadap kapasitas aerobik (studi korelasi pada Atlet Wushu PRIMA 2014)	6 orang atlet wushu pada Atlet Program Indonesia Emas (PRIMA).	<i>Cross-sectional</i>	Hasil uji korelasi didapatkan $r = 0,829$ $p < 0,05$, berarti didapatkan hubungan positif antara kadar hemoglobin dengan kapasitas aerobik (VO_2 maks) pada atlet wushu PRIMA. Kemudian didapatkan $\rho = 0,6872\%$ yang berarti hemoglobin memiliki hubungan sebesar 68,72% terhadap kapasitas aerobik.	Terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan kapasitas aerobik (VO_2 maks) pada atlet wushu PRIMA.
11	Steiner et al. (2011) ²¹	Does hemoglobin mass increase from age 16 to 21 and 28 in elite endurance athletes?	45 atlet ketahanan berjenis kelamin laki-laki dari berbagai kelompok usia (junior, u-23, dan elit) dan 47 orang sebagai kontrol. Dibagi menjadi 6 subkelompok menurut usia (rata-rata 16, 21, dan 28 tahun) dan status latihan: (atlet: AG16, AG21, dan AG28; kontrol: CG16, CG21, CG28).	<i>Controlled cross-sectional</i>	- Rata-rata massa hemoglobin pada kelompok atlet yaitu: AG16 = $758 \pm 124 \text{ g}$, AG21 = $1055 \pm 83 \text{ g}$, AG28 = $1059 \pm 104 \text{ g}$, kelompok kontrol yaitu: CG16 = $745 \pm 92 \text{ g}$, CG21 = $903 \pm 103 \text{ g}$, CG28 = $917 \pm 81 \text{ g}$. - Rata-rata VO_2 maks pada kelompok atlet yaitu: AG16 = $4019 \pm 547 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, AG21 = $5432 \pm 464 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, AG28 = $5336 \pm 556 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, kelompok kontrol yaitu: CG16 = $3641 \pm 373 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, CG21 = $4160 \pm 597 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, CG28 = $4158 \pm 530 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$.	Nilai VO_2 maks absolut berkorelasi tinggi dengan massa hemoglobin absolut ($r = 0,86$; $p < 0,001$) serta nilai VO_2 maks relatif berkorelasi dengan massa hemoglobin relatif ($r = 0,74$; $p < 0,001$).
12	Sharma	Anthropometri	30 pemain hoki	<i>Cross-</i>	- Rata-rata kadar hemoglobin adalah $15,263 \pm 1,463$	Terdapat korelasi positif

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
	et al. (2017) ²²	c and physiological basis of endurance capacity in Young Indian Field Hockey Players	lapangan tingkat nasional (13 perempuan dan 17 laki-laki).	<i>sectional</i>	g/dL. - Rata-rata nilai VO ₂ maks adalah 50,679±6918 ml/kg/menit.	dan signifikan antara hemoglobin dan kapasitas aerobik (VO ₂ maks) dengan nilai p = 0,685.
13	Hariyanti et al. (2020) ¹¹	Hubungan kadar hemoglobin dan VO ₂ max pada atlet softball putra	17 orang atlet Softball PON Putra Banten yang berusia 23 tahun.	Deskriptif, desain penelitian: observasi	- Rata-rata kadar hemoglobin sebesar 13,9882 g/dL. - Rata-rata nilai VO ₂ maks sebesar 43,5588 ml/kg/menit. - Uji korelasi antara kadar hemoglobin dengan tingkat VO ₂ maks didapatkan hasil angka probabilitas 0,047 yang artinya terdapat hubungan antar variabel tersebut. Nilai koefisien antara variabel diperoleh angka 0,489 yang artinya semakin tinggi kadar hemoglobin maka semakin tinggi pula nilai VO ₂ maksnya.	Terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks.
14	Sinaga FA. (2013) ²	Hubungan antara kadar haemoglobin dengan tingkat vo2max atlet PPLM Provinsi Sumatera Utara	15 Atlet PPLM Sumatera Utara pada cabang olahraga atletik, terdiri dari 10 atlet putra dan 5 atlet putri, usia berkisar antara 18-23 tahun.	Survei analitik, bentuk rancangan penelitian: <i>cross- sectional</i>	- Rata-rata kadar hemoglobin pada atlet putra = 15,7 g/dL, sedangkan pada atlet putri = 14,3 g/dL. - Rata-rata nilai VO ₂ maks sebesar 51,5 ml/kgBB/menit - Hasil uji korelasi didapatkan angka probabilitas 0,005, menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks. Besar koefisien korelasi = 0,687, artinya ketika kadar hemoglobin meningkat, akan diikuti juga dengan peningkatan nilai VO ₂ maks.	Terdapat korelasi antara kadar hemoglobin dengan tingkat VO ₂ maks.
15	Anggraeni et al. (2019) ²³	Status hemoglobin, kebiasaan merokok dan	Atlet UKM bola basket Universitas Airlangga Surabaya dan UKM bola basket Institut	Observasi onal, bentuk rancangan	- Subjek pada kelompok kontrol menunjukkan status hemoglobin anemia sebanyak 12% dan 88% menunjukkan tidak anemia. - Subjek pada kelompok kasus	Terdapat hubungan signifikan antara kadar hemoglobin dengan daya tahan kardiorespirasi

No.	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
		daya tahan kardiorespirasi (VO ₂ maks) pada atlet Unit Kegiatan Mahasiswa bola basket.	Teknologi Sepuluh November berjumlah 25 orang kelompok kontrol (VO ₂ maks baik) dan 25 orang kelompok kasus (VO ₂ maks kurang).	penelitian: <i>case control</i>	ditemukan sebesar 48% berada dalam status hemoglobin anemia dan 52% tidak anemia.	(VO ₂ maks) p = 0,014.
16	Listiana sari Y. (2020) ⁶	Asupan Fe, kadar Hb dan VO ₂ maks pada atlet sepakbola di Kabupaten Sleman Yogyakarta	37 atlet di Klub PS. Sleman Yogyakarta.	Observasi onal, bentuk rancangan penelitian: <i>cross-sectional</i>	- Rata-rata kadar hemoglobin sebesar 14,9 g/dl. - Rata-rata nilai VO ₂ maks sebesar 46,7 ml/kgBB/menit (kategori sangat baik).	Tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kadar hemoglobin dengan VO ₂ maks pada penelitian ini (p = 0,071).

Berdasarkan 16 artikel pada tabel 1, ditemukan hasil yang berbeda yaitu 15 artikel menyatakan terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO_2 maks pada atlet, sedangkan 1 artikel menyatakan tidak ada hubungan antara kedua variabel tersebut.

Penelitian Astuti¹² pada 74 atlet remaja usia 15-19 tahun melaporkan bahwa terdapat hubungan bermakna antara kadar hemoglobin. Hasil serupa juga didapati pada penelitian Cai et al.¹³, Goodrich et al.¹⁴, Wati¹⁰, Junaidi¹⁵, Prima¹⁶, Saunders et al.¹⁷, Gligoroska et al.¹⁸, Malczewska-Lenczowska et al.¹⁹, Novita²⁰, Steiner et al.²¹, Sharma et al.²², Hariyanti et al.¹¹, Sinaga², dan Anggraeni et al.²³ yang juga menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kadar hemoglobin dengan VO_2 maks.

Jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin yang terdapat di dalamnya dapat memengaruhi kemampuan pengangkutan oksigen ke jaringan.¹¹ Hemoglobin adalah suatu molekul yang berfungsi sebagai pembawa oksigen dari paru-paru ke jaringan dan menghantarkan karbondioksida dari paru-paru keluar tubuh.²³ Anggraeni et al.²³ dalam penelitiannya menyatakan seseorang dengan kadar hemoglobin yang rendah 6,78 kali lebih berisiko mempunyai daya tahan kardiorespirasi atau VO_2 maks rendah daripada seseorang dengan kadar hemoglobin normal. Menurut Avandi dalam Anggraeni, peningkatan hemoglobin memiliki pengaruh terhadap peningkatan VO_2 maks. Doewes et al. dalam Anggraeni juga melaporkan bahwa hemoglobin sebagai pengangkut oksigen berkontribusi 49,3% terhadap VO_2 maks.²³ Apabila kadar hemoglobin dalam darah tinggi, maka semakin banyak pula oksigen yang berikatan dan diangkut dari paru ke jaringan tubuh. Peningkatan kadar hemoglobin akan berpengaruh ke sistem pernafasan yang semakin membaik karena tersedianya cadangan oksigen melalui darah di otot. Apabila kadar hemoglobin rendah, maka akan semakin sedikit

cadangan oksigen di otot karena hemoglobin berperan dalam penyediaan oksigen.¹¹

Penelitian Cai et al.¹³ menyatakan bahwa jenis kelamin dan latihan memberikan efek terhadap kadar hemoglobin dan nilai VO_2 maks dimana besar nilai masing-masing variabel lebih rendah pada perempuan dibandingkan laki-laki. Hasil penelitian Goodrich et al.¹⁴ melaporkan terdapat korelasi antara hemoglobin dengan VO_2 maks namun besar korelasi menurun saat dibagi berdasarkan jenis kelamin. Astuti dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa jenis kelamin memberikan pengaruh terhadap hubungan hemoglobin dengan VO_2 maks. Hal ini disebabkan karena perempuan memiliki kadar hemoglobin yang lebih rendah dibanding laki-laki.¹² Menurut Nugrahani dalam penelitian Fadlilah, penurunan kadar hemoglobin cenderung lebih mudah terjadi pada perempuan dibandingkan dengan laki-laki, terutama ketika perempuan menstruasi.²⁴ Selain itu, VO_2 maks pada perempuan juga cenderung lebih rendah daripada laki-laki. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap VO_2 maks adalah komposisi tubuh. Komposisi tubuh laki-laki lebih rendah kadar lemaknya daripada perempuan serta laki-laki memiliki kekuatan otot maksimal yang lebih besar dibandingkan perempuan. Perempuan umumnya memiliki komposisi tubuh yang lebih banyak lapisan lemak. Saat melakukan aktivitas fisik, curah jantung akan menurun karena lemak yang berlebih dalam tubuh sehingga darah yang dipompa berkurang dan mengakibatkan konsumsi oksigen pada otot menjadi menurun. Penurunan konsumsi oksigen pada otot ini mengakibatkan daya tahan kardiorespirasi (VO_2 maks) juga mengalami penurunan.^{12, 25}

Penelitian Gligoroska et al.¹⁸ membagi sampel penelitian menjadi dua grup berdasarkan jenis kelamin. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu terdapat korelasi positif lemah antara hemoglobin dengan

VO₂ maks pada laki-laki. Sedangkan pada perempuan didapatkan hasil yang tidak signifikan. Penelitian ini juga melaporkan bahwa hemoglobin menunjukkan hubungan positif sedang hingga kuat dengan umur pada laki-laki, pada perempuan hasil yang didapatkan yaitu hubungan negatif lemah.¹⁸ Penelitian serupa juga dilakukan oleh Malczewska-Lenczowska et al.¹⁹, hasil penelitian baik pada atlet laki-laki maupun perempuan memperlihatkan adanya hubungan antara total massa hemoglobin dengan VO₂ maks.

Jenis cabang olahraga turut memberikan pengaruh terhadap hubungan hemoglobin dengan VO₂ maks. Latihan fisik yang lama dan berat atau cabang olahraga *endurance* dianggap tubuh sebagai stressor. Semakin meningkat aktivitas maka kebutuhan akan pasokan oksigen semakin meningkat juga. Selain kebutuhan oksigen yang meningkat, radikal bebas juga dapat diproduksi oleh tubuh berupa *reactive oxygen species* (ROS). ROS yang tinggi berefek pada peningkatan pemecahan hemoglobin. Oleh karena itu, selama latihan dapat terjadi perubahan kesesuaian kadar hemoglobin dalam tubuh.¹² Selaras dengan hasil penelitian Junaidi¹⁵ yang menunjukkan bahwa ketika atlet melakukan latihan intensitas sedang-tinggi menyebabkan kebutuhan oksigen juga akan mengalami peningkatan sehingga tubuh akan mengkompensasi dengan melakukan proses eritropoiesis yang pada akhirnya akan menyebabkan kenaikan dari kadar hemoglobin.¹⁵ Eritropoiesis juga dapat dipengaruhi oleh latihan dengan durasi lama. Latihan *endurance* yang dilakukan oleh atlet secara rutin dalam waktu 4 bulan menyebabkan interferon- γ atau sirkulasi sitokin proinflamasi menurun. Interferon- γ berperan dalam menghambat diferensiasi dan proliferasi EPC, serta meningkatkan afinitas reseptor antara eritropoietin dan EPC yang akan membuat volume eritrosit meningkat dan akhirnya akan meningkatkan kadar hemoglobin.²⁶ Kemudian, saat melakukan latihan

intensitas sedang-tinggi, tubuh melakukan adaptasi berupa menurunnya volume plasma darah sehingga kadar hemoglobin akan mengalami peningkatan. Namun, penurunan kadar Hb terjadi ketika aktivitas fisik berat dikerjakan dalam durasi yang lama secara terus-menerus oleh karena ruptur mekanik dinding eritrosit yang mengakibatkan hemolisis intravaskular sehingga terjadi penurunan kadar Hb.²⁷

Penelitian Saunders et al.¹⁷ membagi subjek penelitian menjadi 2 kelompok: kelompok ketinggian dan kelompok kontrol. Hasil penelitian melaporkan terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara hemoglobin dengan VO₂ maks. Peningkatan massa hemoglobin dan VO₂ maks sebesar kurang lebih 3% terjadi pada atlet yang mendapatkan intervensi LHTL dan LHTH sehingga setiap 1% perubahan massa hemoglobin akan menyebabkan 0,6-0,7% perubahan pada VO₂ maks. Hubungan antara peningkatan massa hemoglobin dan VO₂ maks dalam penelitian ini lebih kuat pada atlet yang melakukan latihan ketinggian daripada atlet kelompok kontrol. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh variasi individu. Selain itu, faktor yang berpotensi memengaruhi perubahan massa hemoglobin dan VO₂ maks yaitu penyakit, kelelahan, latihan (atau *detraining*), dan simpanan zat besi.¹⁷

Hasil yang berbeda didapatkan dalam penelitian Listianasari. Penelitian ini memperlihatkan bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antara kadar hemoglobin dengan nilai VO₂ maks. Menurut Kristanti dalam Listianasari, aktivitas fisik lebih berperan dalam menentukan VO₂ maks seseorang dibandingkan dengan kadar hemoglobin orang tersebut. Selain itu, faktor lain yang dapat memengaruhi VO₂ maks seorang atlet adalah *sport anaemia*.⁶ Olahraga dapat menyebabkan peningkatan aktivitas eritropoietik pada sumsum tulang. Namun, kadar hemoglobin juga ditemukan mengalami penurunan setelah melakukan latihan intensif karena jumlah serum besi

yang ditransfer ke sumsum tulang berkurang sehingga konsentrasi besi di sumsum tulang tidak dapat segera melakukan proses eritropoiesis. Akibatnya, terjadi anemia oleh karena peningkatan jumlah eritrosit yang hilang dan produksi eritrosit baru yang tidak mencukupi secara bersamaan.²⁸ Ketika tubuh rendah asupan protein dan zat besi, eritrosit yang terdapat hemoglobin di dalamnya mudah pecah saat melakukan latihan atau pertandingan berat serta menguras energi yang mengakibatkan daya tahan atlet tersebut menjadi lemah.⁶

PENUTUP

Simpulan dari 16 artikel dalam *literature review* ini yaitu 93,75% diantaranya menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO₂ maks pada atlet sedangkan sisanya memperlihatkan hasil tidak ada hubungan yang signifikan. Perbedaan hasil dari 16 artikel yang telah ditinjau ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis cabang olahraga, jenis kelamin, aktivitas fisik, durasi dan intensitas latihan, komposisi tubuh, variasi individu, serta *sport anaemia*.

Penelitian tentang hubungan antara kadar hemoglobin dengan nilai VO₂ maks pada atlet perlu diperbanyak lagi dan penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih memperhatikan faktor-faktor yang memengaruhi kadar hemoglobin dan VO₂ maks seperti jenis cabang olahraga, jenis kelamin, aktivitas fisik, durasi dan intensitas latihan, komposisi tubuh, dan asupan gizi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kemenkes RI. Pedoman gizi olah raga prestasi. Jakarta: Kemenkes RI. 2014.
2. Sinaga FA. Hubungan antara kadar hemoglobin dengan tingkat VO₂ max atlet PPLM Provinsi Sumatera Utara. *Generasi Kampus*. 2013;6(2):89-99.
3. Ibikunle PO, Enumah UG. Maximum oxygen uptake and cardiovascular response of professional male football and basketball players to chester step test. *IOSR Journal of Sports and Physical Education*. 2016;03(04):01-05.
4. Tumiwa HT, Rattu AJM, Kawatu PAT. Gambaran kapasitas vital paru dan volume oksigen maksimum (VO₂ maks) pada atlet sepak bola PS. Bank Sulutgo di Kota Manado tahun 2016. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*. 2016;5(2): 251-58.
5. Chaabene H, Hachana Y, Franchini E, et al. Criterion related validity of karate specific aerobic test (KSAT). *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(3):1-7.
6. Listianasari Y. Asupan Fe, kadar Hb dan VO₂ maks pada atlet sepakbola di Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Nutriology Jurnal*. 2020;1(2):35-41.
7. Debbian ASR, Rismayanthi C. Profil tingkat volume oksigen maksimal (VO₂ maks) dan kadar hemoglobin (Hb) pada atlet Yongmoodo Akademi Militer Magelang. *Jurnal Olahraga Prestasi*. 2016;12(2): 19-30.
8. Otto JM, Montgomery HE, Richards T. Haemoglobin concentration and mass as determinants of exercise performance and of surgical outcome. *Extreme Physiology & Medicine*. 2013;2(1): 1-8.
9. Nurdini DA, Probosari E. Tingkat kecukupan zat gizi dan kadar hemoglobin pada atlet sepakbola. *Journal of Nutrition College*. 2017;6(1): 28-34.
10. Wati ID. Are hemoglobin and volume oxygen maximum (vo₂max) relevant each other?. *Journal Sport Area*. 2021;6(2):193-200.
11. Hariyanti MA, Rahayu NI, Pitriani P. Hubungan kadar hemoglobin dan VO₂ max pada atlet softball putra. *JTIKOR (Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan)*. 2020;5(1):16-21.
12. Astuti RW. Hematokrit dan kadar haemoglobin dengan konsumsi oksigen maksimal (VO₂ maks) pada atlet remaja. *Medika Respati: Jurnal Ilmiah Kesehatan*. 2019;14(2):152-5.

13. Cai G, Qiu J, Chen S, Pan Q, Shen X, Kang J. Hematological, hormonal and fitness indices in youth swimmers: gender-related comparisons. *Journal of Human Kinetics*. 2019;70:69-80.
14. Goodrich J, Ryan B, Byrnes W. The influence of oxygen saturation on the relationship between hemoglobin mass and VO₂max. *Sports Medicine International Open*. 2018;02(04):98-104.
15. Junaidi J. Relationship of hemoglobin concentration and lung vital capacity with maximal aerobic capacity (VO₂ max) at Indonesian National Athletes. *JIPES - Journal Of Indonesian Physical Education and Sport*. 2018;4(1):65-73.
16. Prima A. Vital capacity and haemoglobin level in correlation with endurance of adolescent football athlete. *2nd International Conference on Sports Science, Health and Physical Education*. 2017;1:183-7.
17. Saunders PU, Garvican-Lewis LA, Schmidt WF, Gore CJ. Relationship between changes in haemoglobin mass and maximal oxygen uptake after hypoxic exposure. *British Journal of Sports Medicine*. 2013;47(1):26-30.
18. Gligoroska JP, Dejanova S, Plavsic J, Manchevska S. Correlations between red blood cells'variables, cardio-physiological and anthropogical variabels in youth athletes. *PROZILA*. 2020;41(1):47-55.
19. Malczewska-Lenczowska J, Orysiak J, Majorczyk E, Zdanowicz R, Szczepańska B, Starczewski M, et al. Total hemoglobin mass, aerobic capacity, and HBB gene in Polish road cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(12):3512-9.
20. Novita, N. Hubungan kadar hemoglobin terhadap kapasitas aerobik (studi korelasi pada Atlet Wushu PRIMA 2014). *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2015;21(79):73-7
21. Steiner T, Wehrlin J. Does hemoglobin mass increase from age 16 to 21 and 28 in elite endurance athletes? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(9):1735-43.
22. Sharma HB. Anthropometric correlates for the physiological demand of strength and flexibility: A study in young Indian field hockey players. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;61(2):114-21.
23. Anggraeni L, Wirjatmadi RB. Status hemoglobin, kebiasaan merokok dan daya tahan kardiorespirasi (VO₂ maks) pada atlet unit kegiatan mahasiswa bola basket. *Media Gizi Indonesia*. 2019;14(1):27-34.
24. Fadlilah S. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kadar hemoglobin (hb) pada mahasiswa keperawatan angkatan 2013 Universitas Respati Yogyakarta. *Indonesian Journal On Medical Science*. 2018;5(2):168-75.
25. Nuarti N, Huldani H, Asnawati A. Perbandingan kapasitas oksigen maksimal antara laki laki dan perempuan pada calon jemaah haji. *Homeostasis*. 2019;2(1):125-30.
26. Safitri I, Setyarsih L, Susanto H, Suhartono S, Fitranti DY. Hubungan kadar hemoglobin dengan kelelahan otot pada atlet sepak bola remaja. *Journal of Nutrition College*. 2020;9(3):154-159.
27. Gunadi VI, Mewo YM, Tiho M. Gambaran kadar hemoglobin pada pekerja bangunan. *Jurnal eBiomedik*. 2016;4(2):1-6.
28. Kong WN, Gao G, Chang YZ. Hepcidin and sports anemia. *Cell & bioscience*. 2014;4(1):1-11