



Korelasi Perubahan Nilai VO₂Max, Eritrosit, Hemoglobin dan Hematokrit Setelah Latihan *High Intensity Interval Training*

Kukuh Pambuka Putra^{1*}, Muchamad Arif Al Ardha², Angkit Kinasih¹, Redyte Setio Aji¹

¹ Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana. Jalan Diponegoro No.52-60, Salatiga, Sidorejo, Salatiga, Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah 50711, Indonesia

² Department of Curriculum Design and Human Potential Development

National Dong Hwa University, 974, Hualien County, 志學村大學路二號, Taiwan

* Corresponding Author. Email: kukuh.pambuka@outlook.com

Received: 31 July 2017; Revision: 4 September 2017; Accepted: 2 October 2017

Abstrak

Kebugaran kardiorespirasi memungkinkan aktivitas fisik dalam waktu lama dan memerlukan oksigen untuk mendapatkan energi. Transpor oksigen dimediasi oleh hemoglobin yang terdapat dalam eritrosit. Kebugaran kardiorespirasi dapat diukur berdasarkan nilai VO₂max. Metode latihan *High Intensity Interval Training* (HIIT) terbukti dapat meningkatkan VO₂max. Namun belum jelas apakah peningkatan VO₂max diiringi dan berhubungan dengan perubahan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit. Penelitian ini mempelajari korelasi perubahan nilai VO₂max, hemoglobin, eritrosit dan hematokrit sebelum dan sesudah latihan HIIT selama 8 minggu. Berdasarkan hasil penelitian, VO₂max meningkat sebesar 7,33±4,03 (ml·kg⁻¹·min⁻¹) atau 20,36% (p<0,05), hemoglobin dan eritrosit meningkat sebesar 0,04±0,63 atau 0,24% (p>0,05) dan 0,02±0,22·10⁶/μL atau 0,32% (p>0,05) sedangkan hematokrit mengalami penurunan sebesar 0,12±2% dari volume darah atau 0,27% (p>0,05) dari nilai pre-test. Uji korelasi menunjukkan ada hubungan (p<0,05) antara perubahan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit, namun tidak terdapat hubungan (p>0,05) dengan peningkatan VO₂max.

Kata Kunci: eritrosit, hematokrit, hemoglobin, HIIT, VO₂max

Correlation of Change in VO₂Max, Hemoglobin, Erythrocytes, and Hematocrit After High Intensity Interval Training

Abstract

Cardiorespiratory fitness allows physical activity for a long time and requires oxygen to gain energy. Oxygen transport mediated by hemoglobin present in erythrocytes. Cardiorespiratory fitness can be measured based on VO₂max values. High Intensity Interval Training (HIIT) have been shown to improve VO₂max. It is not clear whether the increase in VO₂max is accompanied and associated with changes in hemoglobin, erythrocyte and hematocrit values. This study aim to find out the correlation of VO₂max, hemoglobin, erythrocyte and hematocrit changes before and after HIIT for 8 weeks. The results VO₂max increased by 7.33±4.03 (ml·kg⁻¹·min⁻¹) or 20.36% (p<0.05), hemoglobin and erythrocytes increased by 0.04±0.63 or 0.24% (p>0.05) and 0.02±0.22·10⁶/μL or 0.32% (p>0.05) whereas the hematocrit decreased by 0.12±2% of blood volume or 0.27% (p>0.05) of the pre-test value. The correlation test showed a correlation (p<0.05) between changes in hemoglobin, erythrocyte and hematocrit values, but no relationship (p>0.05) with increased VO₂max.

Keywords: erythrocytes, hematocrit, hemoglobin, HIIT, VO₂Max

How to Cite: Putra, K., Al Ardha, M., Kinasih, A., & Aji, R. (2017). Korelasi perubahan nilai VO₂max, eritrosit, hemoglobin dan hematokrit setelah latihan high intensity interval training. *Jurnal Keolahragaan*, 5(2), 161-170. doi:<http://dx.doi.org/10.21831/jk.v5i2.14875>

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.21831/jk.v5i2.14875>

PENDAHULUAN

Kebugaran kardiorespirasi merupakan salah satu aspek fisiologi yang sangat penting bagi atlet karena dapat kebugaran kardiorespirasi dapat mempengaruhi performa atlet saat latihan maupun dalam pertandingan. Tidak hanya bagi atlet, kebugaran kardiorespirasi juga diperlukan oleh individu aktif yang dalam kesehariannya membutuhkan aktivitas fisik yang mencapai intensitas moderat hingga intensitas tinggi, terutama seperti personel kepolisian dan personel militer (Van Dijk, 2009). Kebugaran kardiorespirasi adalah kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas fisik pada intensitas antara 40% hingga 80% dalam jangka waktu yang lama dan tanpa mengalami kelelahan yang berarti. Pada aktivitas fisik yang berlangsung dalam jangka waktu lama, energi atau ATP yang dibutuhkan untuk melakukan kerja sel-sel otot terutama berasal dari jalur metabolisme aerobik, di mana keberadaan oksigen dibutuhkan untuk menjalankan mekanisme tersebut (Foss & Keteyian, 1998). Sistem kardiorespirasi menjalankan peranan penting dalam transpor oksigen. Oksigen diperoleh dari lingkungan di luar tubuh, masuk ke dalam paru melalui hidung, trakea, bronkus, bronkiolus, berdifusi dari alveolus ke pembuluh darah, diikat oleh hemoglobin yang terdapat pada sel darah merah (eritrosit) dan kemudian diedarkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah hingga berada di ruangan ekstraseluler (Sherwood, 2015). Berdasarkan mekanisme transpor oksigen tersebut, dapat diketahui bahwa eritrosit dan hemoglobin juga berkontribusi dalam penyediaan oksigen bagi tubuh. Hemoglobin merupakan suatu protein yang mengandung ferit atau zat besi (metaloprotein), yang terdapat di dalam sel darah merah. Suatu molekul hemoglobin mengandung empat gugus heme (suatu gugus organik yang memiliki sebuah atom ferit atau besi) sehingga mampu mengikat empat molekul oksigen. Hemoglobin tidak hanya mampu mengikat oksigen namun juga mampu mengikat karbon-dioksida dan karbonmonoksida (Guyton & Hall, 2006).

Kebugaran kardiorespirasi mewakili kebugaran tubuh dan dapat diukur berdasarkan nilai $VO_2\max$ (Dlugosz et al., 2013). $VO_2\max$ merupakan perpaduan kemampuan atau kapasitas maksimum sistem pernafasan, kardiovaskuler dan sistem otot dalam menyerap, mendistribusikan dan menggunakan oksigen (Poole, Wilkerson, & Jones, 2008). Semakin

tinggi nilai $VO_2\max$ dapat diasumsikan semakin bugar sistem kardiorespirasi seseorang. $VO_2\max$ dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dibagi menjadi dua kategori, faktor suplai atau distribusi dan faktor konsumsi atau kebutuhan (D. R. Bassett & Howley, 2000). Faktor suplai meliputi sistem ventilasi dan transportasi oksigen mulai dari hidung hingga berada di mitokondria sel yang membutuhkan, sedangkan faktor konsumsi merujuk pada mekanisme fosforilasi atau penggunaan oksigen oleh mitokondria di dalam sel. $VO_2\max$ dapat ditingkatkan dengan cara latihan fisik secara teratur terutama latihan fisik dengan prinsip aerobik (Kang, 2014), yaitu latihan intensitas rendah hingga intensitas tinggi yang sumber energinya bergantung pada ketersediaan oksigen melalui proses metabolisme aerobik (Plowman & Smith, 2008).

Saat ini masyarakat telah memahami pentingnya olahraga teratur untuk menjaga kesehatan dan kebugaran, bahkan tidak jarang yang memiliki jadwal khusus untuk melakukan suatu latihan fisik atau berolahraga secara teratur. Di dalam masyarakat dikenal ada banyak metode latihan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kebugaran dan mungkin pilihan setiap individu akan berbeda tergantung dari jenis atau cabang olahraga yang disukai. Tidak sedikit pula masyarakat yang mampu menyusun program latihannya sendiri. Dapat diketahui ada banyak metode latihan yang diyakini dapat meningkatkan kebugaran tubuh. Latihan *endurance* diketahui merupakan latihan populer yang banyak diminati dan banyak digunakan dalam latihan untuk meningkatkan $VO_2\max$ (Bacon, Carter, Ogle, & Joyner, 2013), namun saat ini telah dapat dijumpai beberapa modifikasi latihan lain yang telah dikembangkan dan dipelajari dapat menunjang peningkatan $VO_2\max$, salah satunya adalah *High Intensity Interval Training* (HIIT) (Czuba et al., 2013; Foster et al., 2015; Roy, 2013). *Interval Training* adalah latihan yang melibatkan periode kerja atau pembebanan yang intens dan waktu pemulihan yang bervariasi dari segi intensitas dan durasi pada setiap segmen (Kravitz, 2011). *High Intensity Interval Training* (HIIT) adalah *interval training* yang dilakukan dengan intensitas tinggi. Beberapa studi telah mengemukakan bahwa metode latihan *High Intensity Interval Training* dapat meningkatkan $VO_2\max$ secara signifikan dan menunjang upaya penurunan kadar lemak tubuh (Boutcher, 2011) jika dilakukan secara rutin selama periode tertentu (Bacon et al., 2013; Helgerud et al., 2007; Milanovic, Sporis, &

Weston, 2015), namun belum jelas apakah peningkatan $VO_2\max$ tersebut juga diiringi oleh perubahan (baik peningkatan atau penurunan) kadar hemoglobin dan eritrosit dalam darah. Kadar eritrosit dapat diukur dengan satuan juta per mikroliter ($10^6/\mu\text{L}$) ataupun dengan persentase eritrosit terhadap volume darah secara keseluruhan yang disebut juga dengan istilah "hematokrit" (Danis, 2013), sehingga nilai hematokrit juga diduga memiliki hubungan dengan nilai $VO_2\max$. Studi ini bertujuan untuk mempelajari tentang korelasi dari perubahan nilai $VO_2\max$, hemoglobin, eritrosit dan hematokrit pada individu aktif setelah melakukan latihan *High Intensity Interval Training* secara rutin selama delapan minggu.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimental dengan desain *pretest-posttest*. Penelitian ini mempelajari korelasi dari perubahan nilai $VO_2\max$, hemoglobin, eritrosit dan hematokrit pada individu aktif laki-laki non atlet yang diberikan perlakuan berupa latihan *High Intensity Interval Training* selama 8 minggu. Individu aktif dipilih karena metode latihan *High Intensity Interval Training* melibatkan aktivitas fisik hingga intensitas tinggi sehingga tidak dimungkinkan untuk diberikan kepada individu yang kurang aktif atau sedenter. Individu aktif non atlet dipilih karena belum pernah atau tidak sedang berada dalam program latihan. Atlet yang sudah terlatih jika diberi program latihan *High Intensity Interval Training* akan berpotensi menunjukkan perubahan $VO_2\max$ yang tidak signifikan karena kondisi fisik dan $VO_2\max$ atlet sudah tinggi bahkan sebelum dikenai program latihan *High Intensity Interval Training*.

Menurut studi, latihan *High Intensity Interval Training* dapat dilakukan 2 kali dalam seminggu, sedikitnya selama 3 minggu sebagai *low-volume exercise* untuk meningkatkan daya tahan aerobik (Gibala, Little, MacDonald, & Hawley, 2012; Milanovic, Sporis, & Weston, 2015). Oleh karena itu, dalam penelitian ini latihan *High Intensity Interval Training* diberikan 2 kali dalam seminggu selama 8 minggu. Latihan *High Intensity Interval Training* dilakukan di lokasi yang memiliki struktur geografi datar, tidak menanjak ataupun menurun. Oleh karena itu dipilih lokasi latihan *High Intensity Interval Training* di lapangan atletik Kridanggo, Kota Salatiga. Pemeriksaan $VO_2\max$ berupa tes MFT dan pengambilan sampel darah pada *pre-*

test dan *posttest* dilakukan di lapangan futsal pada lokasi yang sama di Kota Salatiga.

Populasi pada penelitian ini adalah anggota tim futsal Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UKSW sebanyak 28 orang. Metode pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi subjek penelitian adalah aktif secara fisik (berolahraga rutin minimal satu kali dalam seminggu), berjenis kelamin laki-laki, berusia antara 18-22 tahun, bukan atlet atau tidak sedang menjalani program latihan fisik tertentu, bersedia menjadi subyek penelitian, tidak merokok, tidak memiliki riwayat penyakit kardiorespirasi dan tidak sedang dalam pengobatan. Kriteria eksklusi yang ditetapkan adalah tidak berusia antara 18-22 tahun, tidak berjenis kelamin laki-laki, tidak aktif berolahraga minimal satu kali dalam seminggu atau sedenter, atlet atau sedang menjalani program latihan fisik tertentu, tidak bersedia menjadi subyek penelitian, perokok, dan memiliki riwayat penyakit kardiorespirasi atau sedang dalam pengobatan. Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi tersebut maka diperoleh 11 orang yang memenuhi kriteria untuk ditentukan sebagai subyek dalam penelitian ini.

Instrumen

Perlakuan yang diberikan adalah latihan *High Intensity Interval Training (HIIT)*. Pemeriksaan $VO_2\max$, hemoglobin, eritrosit dan hematokrit dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan sebagai *pre-test* dan *post-test*. Pemeriksaan $VO_2\max$ dilakukan menggunakan instrumen *Multistage Fitness Test (MFT)* berupa tes lari bolak-balik pada lintasan datar sepanjang 20m mengikuti isyarat audio yang telah terstandar. Keluaran dari *Multistage Fitness Test* berupa catatan capaian level dan balikan yang telah ditempuh oleh masing-masing subyek. *Multistage Fitness Test* merupakan tes yang valid dan efektif untuk mengukur nilai $VO_2\max$ jika dilakukan sesuai dengan prosedur (Mayorga-Vega, Aguilar-Soto, & Viciano, 2015). Pemeriksaan hemoglobin, eritrosit dan hematokrit dilakukan menggunakan sampel darah sebanyak 3 mililiter yang diambil sebelum melakukan *Multistage Fitness Test*. Pengambilan sampel darah dilakukan oleh tenaga ahli dari Laboratorium Klinik Prodia yang didatangkan ke lokasi *Multistage Fitness Test*. Pemeriksaan hemoglobin, eritrosit dan hematokrit sepenuhnya dilakukan di Laboratorium Klinik Prodia

Kota Salatiga dan dikerjakan oleh petugas Laboratorium Klinik Prodia yang telah terlatih.

Prosedur

Prosedur pemberian perlakuan *High Intensity Interval Training (HIIT)* setiap sesi latihan secara berurutan adalah: Peregangan & pemanasan (20 menit), jogging atau lari kecil (2 menit), sprint (30 detik), jalan kaki (3 menit), dan pendinginan (20 menit). Latihan inti yaitu *joging, sprint* dan jalan kaki akan diulang sebanyak 5 kali, sehingga total durasi latihan ini adalah 27 menit 30 detik.

Penelitian ini menggunakan desain *Pre-test* dan *post-test* yang keduanya dilakukan dengan prosedur yang sama. Pada *Pre-test* dan *post-test*, subjek melakukan peregangan & pemanasan terlebih dahulu, dilanjutkan dengan pengambilan sampel darah sebanyak 3 mL oleh petugas Laboratorium Klinik Prodia dan kemudian dilakukan *Multistage Fitness Test* untuk mengetahui nilai VO_{2max} . Hasil dari *Multistage Fitness Test* berupa catatan level dan balikan yang berhasil ditempuh subyek yang tercatat dalam *recording sheet*. Pencatatan level dan balikan yang berhasil dicapai ke dalam *recording sheet* dilakukan oleh petugas pengawas lintasan. Catatan hasil capaian level dan balikan dalam *recording sheet* kemudian dikonversi menjadi nilai VO_{2max} dengan satuan mililiter per kilogram berat badan per menit ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) menggunakan tabel konversi VO_{2max} atau kalkulator VO_{2max} khusus yang telah terstandar (Paradisis et al., 2014). Sampel darah yang diperoleh sebelum pelaksanaan *Multistage Fitness Test* kemudian dibawa ke Laboratorium Klinik Prodia untuk dilakukan pemeriksaan hemoglobin, eritrosit dan hematokrit. Pemeriksaan laboratorium dilakukan oleh tenaga ahli yang dimiliki Laboratorium Klinik Prodia.

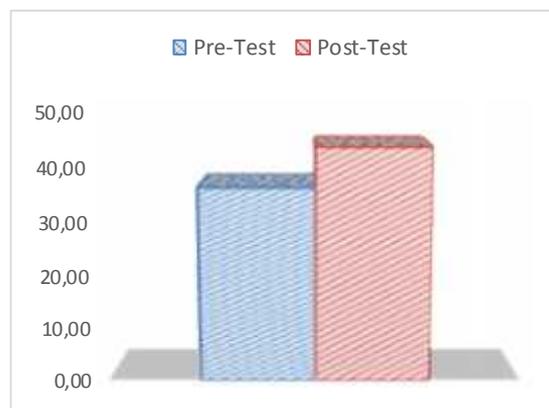
Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh akan dideskripsikan terlebih dahulu untuk mengetahui informasi dasar dari data tersebut. Kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan uji *kolmogorov smirnov* untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Nilai VO_{2max} , eritrosit, hemoglobin dan hematokrit *pre-test* dan *post-test* dibandingkan dan diuji beda dengan menggunakan uji t berpasangan (*paired t-test*) untuk mengetahui perbedaan nilai yang terjadi antara sebelum dan sesudah perlakuan dan tingkat signifikansi dari perbedaan nilai tersebut (Sastroasmoro & Ismael, 2011). Data

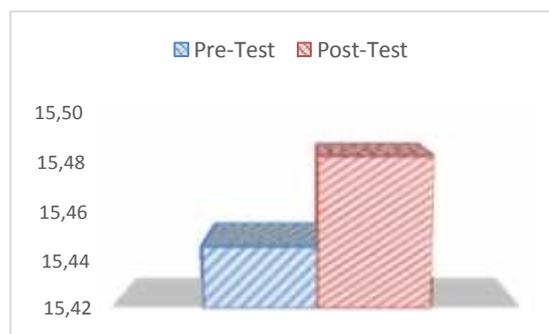
perubahan nilai VO_{2max} , eritrosit, hemoglobin dan hematokrit kemudian dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara perubahan dari variabel-variabel tersebut. Pengolahan data secara statistik dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis statistik IBM SPSS Statistic 22 (Purwanto & Irwadi, 2014) dan proses rekapitulasi data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari *pre-test* dan *post-test*, sekilas nampak bahwa ada perbedaan yang cukup besar pada nilai VO_{2max} , sedangkan nilai eritrosit, hemoglobin dan hematokrit didapati mengalami perubahan namun tidak terlalu besar.

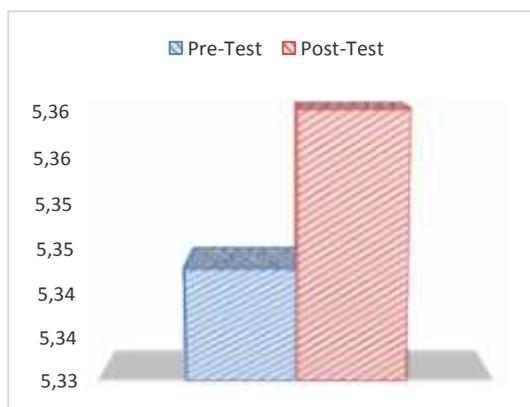


Gambar 1. Perubahan Nilai VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)

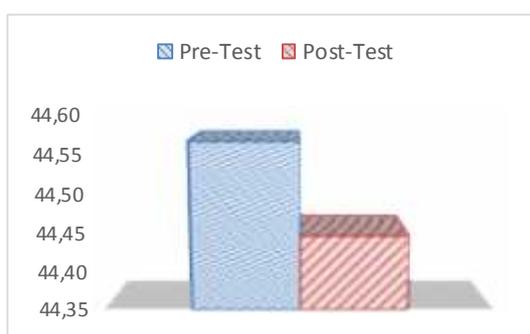


Gambar 2. Perubahan Nilai Hemoglobin (g/dL)

Data yang diperoleh dari hasil *pre-test* menunjukkan bahwa nilai rata-rata VO_{2max} adalah sebesar $35,98 \pm 6,27$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nilai hemoglobin rata-rata sebesar $15,45 \pm 0,61$ g/dL, nilai eritrosit rata-rata sebesar $5,34 \pm 0,32 \cdot 10^6 / \mu L$ dan nilai hematokrit rata-rata sebesar $44,56 \pm 1,59\%$.



Gambar 3. Perubahan nilai eritrosit (10⁶/μL)



Gambar 4. Perubahan Nilai Hematokrit (%)

Data yang diperoleh dari hasil *post-test* menunjukkan bahwa nilai rata-rata VO_2max adalah sebesar $43,31 \pm 4,38$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nilai rata-rata hemoglobin sebesar $15,48 \pm 0,8$ g/dL, nilai rata-rata eritrosit sebesar $5,36 \pm 0,33 \cdot 10^6/\mu L$ dan nilai rata-rata hematokrit sebesar $44,45 \pm 2,36\%$.

Melihat perbedaan data yang diperoleh dari *pre-test* dan *post-test*, nampak bahwa VO_2max meningkat sebesar $7,33 \pm 4,03$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) atau $20,36\%$ ($p < 0,05$), hemoglobin dan eritrosit meningkat sebesar $0,04 \pm 0,63$ atau $0,24\%$ ($p > 0,05$) dan $0,02 \pm 0,22 \cdot 10^6/\mu L$ atau $0,32\%$ ($p > 0,05$) sedangkan hematokrit mengalami penurunan sebesar $0,12 \pm 2\%$ dari volume darah atau $0,27\%$ ($p > 0,05$) dari nilai *pre-test*.

Data dari hasil *pre-test* dan *post-test* tersebut kemudian dilanjutkan dengan uji normalitas menggunakan uji *kolmogorov smirnov* untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji *kolmogorov smirnov* menyatakan bahwa data nilai VO_2max , eritrosit, hemoglobin dan hematokrit baik pada *pre-test* maupun *post-test* berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga data tersebut dapat dilanjutkan ke uji beda dengan uji *t* berpasangan (*paired t-test*).

Tabel 1. Statistik Deskriptif

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
VO2max PreTest	11	35,9818	6,26623	24,9	47,5
VO2max PostTest	11	43,3091	4,37846	36,6	50,8
Hemoglobin PreTest	11	15,4455	0,61051	14,2	16,1
Hemoglobin PostTest	11	15,4818	0,80227	13,6	16,8
Eritrosit PreTest	11	5,3427	0,32113	4,91	6,02
Eritrosit PostTest	11	5,36	0,32696	4,79	5,72
Hematokrit PreTest	11	44,5636	1,58888	41,7	46,7
Hematokrit PostTest	11	44,4455	2,36236	40,4	48,2

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov

		One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test							
		VO2max		Hemoglobin		Eritrosit		Hematokrit	
		<i>pre-test</i>	<i>post-test</i>	<i>pre-test</i>	<i>post-test</i>	<i>pre-test</i>	<i>post-test</i>	<i>pre-test</i>	<i>post-test</i>
N		11	11	11	11	11	11	11	11
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	35,982	43,3091	15,4455	15,4818	5,3427	5,36	44,5636	44,4455
	Std. Deviation	6,2662	4,37846	0,61051	0,80227	0,3211	0,32696	1,58888	2,36236
Most Extreme Differences	Absolute	0,194	0,14	0,224	0,187	0,13	0,191	0,201	0,136
	Positive	0,194	0,14	0,142	0,168	0,13	0,135	0,094	0,131
	Negative	-0,151	-0,117	-0,224	-0,187	-0,121	-0,191	-0,201	-0,136
Test Statistic		0,194	0,14	0,224	0,187	0,13	0,191	0,201	0,136
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}	,129 ^c	,200 ^{c,d}				

Tabel 3. Hasil Uji t Berpasangan Nilai *Pretest* dan *Posttest* VO₂max, Hemoglobin, Eritrosit dan Hematokrit

	Paired Differences			Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
VO ₂ max	-7,33	4,03	1,21	0
Hemoglobin	-0,04	0,63	0,19	0,853
Eritrosit	-0,02	0,23	0,07	0,806
Hematokrit	0,12	2,01	0,6	0,849

Tabel 4. Hasil Uji Korelasi Antar Variable (tanda * berarti terdapat hubungan yang kuat)

		VO ₂ max	Hemoglobin	Eritrosit	Hematokrit
VO ₂ max	Pearson Correlation	1	0,026	0,232	0,261
	Sig. (2-tailed)		0,939	0,492	0,438
	N	11	11	11	11
Hemoglobin	Pearson Correlation	0,026	1	,889*	,889*
	Sig. (2-tailed)	0,939		0	0
	N	11	11	11	11
Eritrosit	Pearson Correlation	0,232	,889*	1	,876*
	Sig. (2-tailed)	0,492	0		0
	N	11	11	11	11
Hematokrit	Pearson Correlation	0,261	,889*	,876*	1
	Sig. (2-tailed)	0,438	0	0	
	N	11	11	11	11

Berdasarkan data *pre-test* dan *post-test* tersebut setelah dilakukan uji beda menggunakan uji t berpasangan, dapat diketahui bahwa pada nilai VO₂max terjadi peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 7,33±4,03 (ml·kg⁻¹·min⁻¹) atau 20,36% (p<0,05) dari nilai *pre-test*. Hemoglobin dan eritrosit juga mengalami peningkatan namun peningkatan tersebut tidak signifikan. Peningkatan hemoglobin dan eritrosit tersebut masing-masing sebesar 0,04±0,63 atau 0,24% (p>0,05) dan 0,02±0,22·10⁶/μL atau 0,32% (p>0,05) dari nilai *pre-test*.

Namun nilai hematokrit didapati mengalami perubahan sebaliknya yaitu mengalami penurunan walaupun tidak signifikan sebesar 0,12±2 % dari volume darah atau 0,27% (p>0,05) dari nilai *pre-test*. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa peningkatan nilai VO₂max tidak diiringi dengan peningkatan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit, bahkan nilai hematokrit mengalami penurunan walaupun penurunan tersebut tidak signifikan.

Setelah diketahui terdapat perubahan nilai antara nilai *pre-test* dan *post-test*, kemudian dilakukan uji korelasi untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara perubahan nilai VO₂max dengan perubahan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit, serta seberapa kuat hubungan antar variabel tersebut. Uji korelasi menunjukkan ada hubungan yang kuat (p<0,05) antara perubahan nilai tiga variabel: hemo-

globin, eritrosit dan hematokrit, namun perubahan dari nilai ketiga variabel tersebut tidak memiliki korelasi (p>0,05) dengan peningkatan nilai VO₂max.

Berdasarkan hasil analisis data, setelah dilakukan latihan dengan metode *High Intensity Interval Training* secara rutin selama 8 minggu, didapati ada peningkatan yang signifikan dari nilai VO₂max sebesar 20,36%, namun nilai eritrosit, hemoglobin dan hematokrit tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa peningkatan VO₂max tidak diiringi oleh peningkatan hemoglobin, eritrosit dan hematokrit. Berdasarkan hasil uji korelasi ditemukan bahwa peningkatan VO₂max tidak berhubungan dengan perubahan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit, sehingga diduga ada mekanisme lain yang menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen dalam tubuh selain karena penambahan jumlah hemoglobin dan eritrosit.

VO₂max dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor suplai dan faktor konsumsi. Faktor suplai meliputi sistem ventilasi dan transportasi oksigen melibatkan saluran nafas, sistem peredaran darah hingga berada di mitokondria sel yang membutuhkan, sedangkan faktor konsumsi merujuk pada mekanisme fosforilasi atau penggunaan oksigen oleh mitokondria di dalam sel (D. R. Bassett & Howley, 2000). Faktor suplai sering dianggap faktor yang

menjadi penentu atau membatasi $VO_2\max$ (D. R. J. R. Bassett & Howley, 1997), namun ada argumentasi yang menyebutkan bahwa pada atlet terlatih memang mengalami keterbatasan faktor suplai dengan faktor kebutuhan yang tinggi, sedangkan pada individu yang tidak terlatih lebih mengalami keterbatasan dari faktor kebutuhan dari pada faktor suplai (Wagner, 2000).

Menurut sebuah studi (Gibala, Little, MacDonald, & Hawley, 2012) latihan *High Intensity Interval Training* dapat meningkatkan jumlah mitokondria dalam sel. Latihan *High Intensity Interval Training* mengaktifasi *5-AMP-activated protein kinase (AMPK)* dan *p38 mitogen-activated protein kinase (MAPK)*, kedua kinase yang responsif terhadap latihan tersebut terlibat secara langsung dalam proses fosforilasi dan aktivasi *PGC-1* yang memainkan peran sentral dalam regulasi metabolisme energi di tingkat seluler (Liang & Ward, 2006). Berlimpahnya *PGC-1* diperkirakan mendukung aktivasi faktor transkripsi (TF) yang meningkatkan transkripsi gen mitokondria dan pada akhirnya menghasilkan akumulasi protein mitokondria menjadi lebih banyak. Jumlah mitokondria yang lebih banyak berarti jumlah organel pelaku metabolisme aerobik menjadi lebih banyak pula. Banyaknya pelaku metabolisme aerobik tersebut memungkinkan aktivitas metabolisme aerobik yang terjadi di dalam sel menjadi lebih banyak pula. Banyaknya aktivitas metabolisme aerobik dalam sel tentunya menyebabkan jumlah kebutuhan oksigen yang digunakan untuk metabolisme akan meningkat sehingga kapasitas atau kemampuan penggunaan oksigen ($VO_2\max$) setiap sel juga ikut meningkat. Berdasarkan teori tersebut ada kemungkinan bahwa $VO_2\max$ meningkat disebabkan oleh jumlah mitokondria yang meningkat karena distimulasi oleh latihan *High Intensity Interval Training*, namun studi lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk membuktikan teori tersebut.

Eritrosit dan hemoglobin merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi nilai $VO_2\max$ dari sudut pandang faktor suplai dan distribusi oksigen menuju mitokondria sel yang membutuhkan karena hemoglobin yang menjadi media pengangkut oksigen dalam sistem peredaran darah (Guyton & Hall, 2006; Okunieff, Williams, & Chen, 2005; Sherwood, 2015). Namun hasil penelitian ini membuktikan bahwa eritrosit dan hemoglobin tidak mengalami peningkatan nilai yang signifikan sehingga dapat

dikatakan bahwa faktor suplai tidak mengalami perubahan setelah subyek menjalani latihan dengan metode *High Intensity Interval Training* selama 8 minggu. Hal tersebut serupa dengan studi yang dilakukan oleh Menz (Menz, Strobl, Faulhaber, Gatterer, & Burtscher, 2015) bahwa tidak ada peningkatan dari parameter hematologi (termasuk hemoglobin) setelah latihan *High Intensity Interval Training* selama 3 minggu. Diduga $VO_2\max$ meningkat karena faktor konsumsi atau kebutuhan yang mengalami peningkatan setelah *High Intensity Interval Training* melalui mekanisme penambahan jumlah atau mungkin peningkatan ukuran mitokondria.

Kebugaran kardiorespirasi merupakan faktor penting dalam fisiologi manusia, sehingga pencapaian kebugaran kardiorespirasi melalui peningkatan nilai $VO_2\max$ diperlukan untuk menjaga tubuh tetap sehat dan bugar. Metode latihan *High Intensity Interval Training* diketahui dapat meningkatkan $VO_2\max$ dan merupakan metode latihan yang sudah sering digunakan dalam dunia olah raga, namun karena metode latihan *High Intensity Interval Training* melibatkan aktivitas fisik hingga intensitas tinggi, maka latihan dengan metode *High Intensity Interval Training* tidak dianjurkan bagi individu sedenter atau individu yang semula kurang aktif secara fisik yang baru memulai latihan fisik untuk menghindari cedera otot maupun kejadian tidak diinginkan yang menyangkut sistem kardiorespirasi (Roy, 2013). Ada beberapa metode latihan lain yang dapat meningkatkan $VO_2\max$, dan pada umumnya latihan tersebut merupakan latihan dengan prinsip aerobik. Metode latihan *High Intensity Interval Training* dalam dunia profesional umumnya diintegrasikan ke dalam program latihan untuk individu yang telah aktif secara fisik seperti atlet dan personel militer di mana atlet dan personel militer pada dasarnya sudah memiliki intensitas aktivitas fisik yang tinggi. Metode latihan *High Intensity Interval Training* umumnya lebih difokuskan untuk meningkatkan $VO_2\max$ dalam rangka mempersiapkan fisik atlet atau personel untuk sebuah kegiatan, kompetisi atau tertentu yang membutuhkan kebugaran kardiorespirasi yang tinggi. Studi mengungkapkan bahwa program latihan fisik yang diterapkan dalam pendidikan dasar militer dapat meningkatkan $VO_2\max$ secara signifikan (Putra, 2013) bahkan lebih tinggi dari peningkatan yang dihasilkan oleh metode latihan *High Intensity Interval Training*, sehingga tidak mengherankan jika personel militer memiliki

kebugaran tubuh yang jauh lebih baik dibandingkan masyarakat pada umumnya.

Latihan aerobik merupakan jenis latihan yang dikenal luas mampu meningkatkan kebugaran kardiorespirasi dan meningkatkan kualitas kesehatan, bukan hanya di kalangan atlet dan militer, namun juga di masyarakat umum. Latihan aerobik secara rutin diperlukan untuk menjaga kebugaran seseorang pada usia berapa pun termasuk anak dan usia lanjut (Foster, Wright, Battista, & Porcari, 2007; Gomez-Cabrera, Ferrando, Brioché, Sanchis-Gomar, & Viña, 2013). Latihan untuk menjaga kebugaran kardiorespirasi juga dibutuhkan oleh individu yang memiliki penyakit atau masalah fisiologis tertentu seperti obesitas (Jabbour, Iancu, & Paulin, 2015), penyandang HIV (O'Brien, Tynan, Nixon, & Glazier, 2016), bahkan individu yang mengalami kelumpuhan (Margonato, 2008). Beberapa latihan aerobik yang dapat dengan aman untuk dilakukan terutama oleh individu yang memiliki masalah fisiologis adalah latihan dengan intensitas ringan hingga moderat seperti berjalan kaki, lari kecil atau jogging, berenang, bersepeda dan senam aerobik. Latihan-latihan tersebut menggunakan intensitas ringan hingga moderat sehingga umumnya risiko bagi tubuh tidak sebesar metode latihan *High Intensity Interval Training*.

SIMPULAN

Metode latihan *High Intensity Interval Training* dapat meningkatkan $VO_2\max$ namun tidak meningkatkan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit. Peningkatan $VO_2\max$ tidak diiringi dengan peningkatan hemoglobin, eritrosit dan hematokrit. Peningkatan $VO_2\max$ tidak berhubungan dengan perubahan nilai hemoglobin, eritrosit dan hematokrit sehingga diduga ada mekanisme lain yang mempengaruhi. Peningkatan jumlah mitokondria diduga merupakan mekanisme yang menyebabkan peningkatan $VO_2\max$, namun studi lebih lanjut perlu dilakukan untuk membuktikan dugaan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat pula disimpulkan bahwa metode latihan *High Intensity Interval Training* dapat meningkatkan faktor kebutuhan atau konsumsi oksigen dalam sel namun tidak meningkatkan variabel eritrosit dan hemoglobin yang berperan dalam mekanisme suplai oksigen menuju mitokondria sel yang sedang membutuhkan.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan yang tidak memungkinkan dilakukan menggunakan jumlah sampel yang besar

berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Mungkin penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan populasi homogen yang lebih besar, frekuensi latihan lebih dari dua kali seminggu dan adanya kelompok kontrol. Penelitian lebih lanjut mungkin juga perlu dilakukan dengan menambahkan variabel baru yaitu jumlah mitokondria untuk memastikan apakah peningkatan jumlah mitokondria benar-benar berhubungan atau menjadi penyebab dari peningkatan nilai $VO_2\max$ pasca latihan *High Intensity Interval Training*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. (2013). $VO_2\max$ trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS One*, 8(9), e73182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073182>
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 32(1), 70–84.
- Bassett, D. R. J. R., & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5). Retrieved from http://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1997/05000/Maximal_oxygen_uptake__classical_.2.aspx
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011, 868305. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Czuba, M., Zajac, A., Maszczyk, A., Rocznik, R., Poprzcki, S., Garbaciak, W., & Zajac, T. (2013). The effects of high intensity interval training in normobaric hypoxia on aerobic capacity in basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 39, 103–14. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0073>
- Danis, D. (2013). *Kamus Istilah Kedokteran*. Bandung: Gitamedia Press.
- Dlugosz, E. M., Chappell, M. A., Meek, T. H., Szafranska, P. A., Zub, K., Konarzewski, M., ... Garland, T. (2013). Phylogenetic analysis of mammalian maximal oxygen consumption during exercise. *Journal of Experimental Biology*, 216(24).

- Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Physiological Basis for Exercise and Sport* (6th ed.). USA: WCB/McGraw-Hill Companies.
- Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Schuette, J., ... Porcari, J. P. (2015). The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(4), 747–55. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26664271>
- Foster, C., Wright, G., Battista, R. A., & Porcari, J. P. (2007). Training in the aging athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 6(3), 200–206. <https://doi.org/10.1007/s11932-007-0029-4>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Gomez-Cabrera, M. C., Ferrando, B., Brioche, T., Sanchis-Gomar, F., & Viña, J. (2013). Exercise and antioxidant supplements in the elderly. *Journal of Sport and Health Science*, 2(2), 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2013.03.007>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of Medical Physiology* (11th ed.). Philadelphia: Elsevier Inc.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., ... Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO₂max More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Jabour, G., Iancu, H.-D., & Paulin, A. (2015). Effects of High-Intensity Training on Anaerobic and Aerobic Contributions to Total Energy Release During Repeated Supramaximal Exercise in Obese Adults. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0035-7>
- Kang, J. (2014). Which comes first? Resistance before aerobic exercise or vice versa? *Health & Fitness Journal*, 18(1), 9–14.
- Kravitz, L. (2011). High-Intensity Interval Training - A Review of Physiological and Psychological Responses. *American College of Sports Medicine*, 18(5), 1–2. Retrieved from <https://www.acsm.org/docs/brochures/high-intensity-interval-training.pdf>
- Liang, H., & Ward, W. F. (2006). PGC-1?: a key regulator of energy metabolism. *AJP: Advances in Physiology Education*, 30(4), 145–151. <https://doi.org/10.1152/advan.00052.2006>
- Margonato, V. (2008). Effects of training on cardiorespiratory fitness and lipidic profile of paraplegics. *Sport Sciences for Health*, 3(1–2), 7–9. <https://doi.org/10.1007/s11332-008-0055-5>
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). Criterion-Related Validity of the 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 536–47. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26336340>
- Menz, V., Strobl, J., Faulhaber, M., Gatterer, H., & Burtscher, M. (2015). Effect of 3-week high-intensity interval training on VO₂max, total haemoglobin mass, plasma and blood volume in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2349–2356. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3211-z>
- Milanovic, Z., Sporis, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- O'Brien, K. K., Tynan, A.-M., Nixon, S. A., & Glazier, R. H. (2016). Effectiveness of aerobic exercise for adults living with HIV: systematic review and meta-analysis using the Cochrane Collaboration protocol. *BMC Infectious Diseases*, 16(1), 182. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1478-2>
- Okunieff, P., Williams, J., & Chen, Y. (Eds.). (2005). Oxygen Transport to Tissue XXVI. In *Advances in Experimental Medicine and Biology*. New York: Springer.
- Paradisis, G. P., Zacharogiannis, E., Mandila, D., Smirtiotou, A., Argeitaki, P., & Cooke,

- C. B. (2014). Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test, Maximal Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 81–87. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0035>
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2008). *Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance* (2nd ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403–410. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0596-3>
- Purwanto, B., & Irwadi, I. (2014). *Panduan Praktis Belajar Statistik*. Surabaya: PT Revka Petra Media.
- Putra, K. P. (2013). Pengaruh Program Pelatihan Fisik Militer Terhadap Peningkatan VO₂max Siswa Pendidikan Pertama Tamtama Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (Studi di Puslatdiksarmil Kobangdikal Surabaya). *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 1(1). Retrieved from [http://jurnal-kesehatan-olahraga/article/view/1922](http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kesehatan-olahraga/article/view/1922)
- Roy, B. A. (2013). High-Intensity Interval Training. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 3. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31828cb21c>
- Sastroasmoro, S., & Ismael, S. (2011). *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis* (4th ed.). Jakarta: Sagung Seto.
- Sherwood, L. (2015). *Fisiologi Manusia: Dari Sel ke Sistem*. (D. R. Herman Octavius Ong, Albertus Agung Mahode, Ed.) (8th ed.). Jakarta: EGC.
- Van Dijk, J. (2009). *Chapter 3 – Common Military Task: Marching* (RTO-TR-HFM-080). Utrecht, Netherlands. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.214.8896>
- Wagner, P. D. (2000). New ideas on limitations to VO₂max. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(1), 10–4. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11131681>