

VO₂max Berkorelasi Negatif dengan Kemampuan Apnea

Kukuh Pambuka Putra^a, Ferry Ferdy Karwur^b, Nurul Wahidatul Hidayati^c

^{abc}Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia.

Correspondence: kukuh.pambuka@outlook.com

Received: 22 Jun 2020 **Accepted:** 17 Aug 2020 **Published:** 31 Oct 2020

Abstract

Free diving (freedive) depends on the ability to hold the breath (apnea). Apnea is thought to have a correlation with the body's ability to consume oxygen (VO₂max). This research aims to study the correlation between VO₂max and apnea ability. Subjects in this study were men aged 20-25 years as many as 36 people. The subject in the study was a male student aged 20-25 years as many as 36 people. VO₂max measured using MFT test, while the measurement of apnea ability is represented by the duration of apnea as measured by the duration of sitting still under water. VO₂max measurements are performed with MFT tests, while the capacity of apnea is represented by the duration of the apnea measured by the length of breathable water. The results of one-way Pearson correlation tests were found to be $p < 0.05$, which means there was a correlation between VO₂max and apnea duration. While the correlation coefficient of -0.44 shows that the direction of the correlation is negative with the strength of the correlation is weak. From these results it can be concluded that the higher VO₂max there is a tendency for apnea ability to be lower.

Keywords: apnea; breath; diving; freedive; vo₂max

Abstrak

Selam bebas (*freedive*) bergantung pada kemampuan tahan napas (apnea). Apnea diduga memiliki korelasi dengan kemampuan tubuh mengonsumsi oksigen (VO₂max). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari korelasi antara VO₂max dengan kemampuan apnea. Subyek dalam penelitian ini adalah mahasiswa laki-laki berusia 20-25 tahun sebanyak 36 orang. Pengukuran VO₂max dilakukan dengan tes MFT, sedangkan pengukuran kemampuan apnea diwakili oleh durasi apnea yang diukur dengan lamanya menahan napas di dalam air. Hasil uji korelasi Pearson satu arah didapati nilai $p < 0,05$ yang berarti terdapat korelasi antara VO₂max dan durasi apnea. Sedangkan koefisien korelasi -0,44 menunjukkan bahwa arah korelasi negatif dengan kekuatan korelasi lemah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi VO₂max ada kecenderungan kemampuan apnea semakin rendah.

Kata kunci: apnea; napas; selam; freedive; vo₂max

1. Pendahuluan

Dalam olahraga selam bebas (*freedive*), apnea merujuk pada aktivitas menahan napas secara sengaja di dalam air. Selam bebas dilakukan tanpa menggunakan alat bantu pernapasan dan biasanya diawali dengan satu tarikan napas panjang di permukaan sebelum masuk ke dalam air (Farrell, 2006) selam bebas tidak menggunakan alat bantu pernapasan, penyelam akan berusaha menahan napas saat menyelam dan mencapai kedalaman terdalam dan durasi terlama (Ostrowski, Strzala, Stanula, Juszkiewicz, Pilch, & Maszczyk, 2012). Kemampuan menahan napas ini merupakan komponen yang sangat penting pada olahraga selam bebas karena akan menentukan berapa lama penyelam dapat berada di dalam air. Kemampuan seseorang melakukan apnea berbeda-beda tergantung pada kondisi fisiologis dan kapasitas organ tubuh masing-masing individu. Secara fisiologis, oleh karena

apnea berhubungan dengan sistem pernapasan dan peredaran darah, kemampuan apnea bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kadar hemoglobin, kapasitas paru, volume darah, komposisi tubuh, *resting metabolic rate*, denyut jantung dan VO2max (Fernández, González-Ravé, & Juárez, 2017).

Kapasitas vital paru adalah pemegang peran utama dalam penyediaan cadangan oksigen selama melakukan apnea. Sebuah studi menemukan bahwa kapasitas vital paru memiliki hubungan yang positif dengan kemampuan apnea. Semakin besar kapasitas paru, semakin banyak cadangan oksigen yang dibawa ke dalam air selama penyelaman, memungkinkan apnea dilakukan lebih lama. Oleh karena itu penyelam dengan kapasitas vital paru yang lebih besar cenderung dapat melakukan penyelaman lebih lama dibandingkan dengan penyelam yang memiliki kapasitas as paru lebih kecil (Putra, Pratama, & Nugroho, 2020).

Selain dalam paru, cadangan oksigen juga terdapat di darah, terikat oleh hemoglobin. Dalam sel darah merah terdapat hemoglobin. Hemoglobin berfungsi sebagai media pengangkut oksigen dari paru ke seluruh tubuh serta pengangkut karbondioksida dari seluruh tubuh ke paru (Sherwood, 2015). Semakin banyak jumlah hemoglobin yang ada di dalam darah maka semakin banyak pula oksigen yang dapat diikat dan diedarkan melalui aliran darah sehingga jumlah oksigen yang ada di dalam darah pun tersedia dalam jumlah banyak dan memungkinkan aktivitas apnea dapat dilakukan lebih lama. Jumlah hemoglobin yang tinggi juga memungkinkan pembuangan karbondioksida lebih cepat, karena semakin banyak jumlah karbondioksida yang terikat dan terbawa ke paru, semakin kecil pula risiko keracunan karbondioksida (Lindholm & Lundgren, 2009). Namun, oleh karena laju peredaran darah bergantung pada denyut jantung, maka frekuensi denyut jantung juga memegang peran dalam mekanisme ini. Oksigen yang dibawa oleh aliran darah kemudian digunakan oleh sel-sel tubuh. Kemampuan total pemanfaatan oksigen oleh sel-sel tubuh tersebut disebut dengan istilah VO2max. VO2max merupakan ukuran jumlah oksigen (dalam satuan mililiter) yang diserap oleh satu kilogram berat tubuh dalam satu menit ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (McArdle, Katch, & Katch, 2009). Menurut Arifwardi, VO2max didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang dapat dikonsumsi tubuh secara maksimal dalam satuan mililiter per kilogram berat badan per menit ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$) (Afriwardi, 2010). Selama ini nilai VO2max digunakan untuk menggambarkan daya tahan kardiorespirasi seseorang.

Oksigen digunakan oleh sel sebagai bahan bakar metabolisme demi menghasilkan ATP, proses metabolisme tersebut dilakukan di dalam mitokondria (Sherwood, 2015). Semakin banyak jumlah mitokondria dalam sel memungkinkan sel tersebut dapat mengonsumsi oksigen dalam jumlah yang lebih besar, sehingga kemampuan maksimal sel dalam menyerap oksigen (VO2max) juga lebih besar. VO2max diduga memiliki korelasi dengan kemampuan apnea pada penyelam. Semakin tinggi nilai VO2max seseorang diduga menyebabkan laju metabolisme menjadi lebih besar dan mengonsumsi oksigen lebih banyak. Konsumsi oksigen dalam jumlah besar menyebabkan ketersediaan oksigen dalam tubuh ketika apnea lebih cepat habis dan mengakibatkan kemampuan apnea menjadi rendah. Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan konsep tersebut.

Berdasarkan mekanisme di atas diduga VO2max memiliki peranan dalam menentukan kemampuan apnea seseorang, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi VO2max dengan kemampuan apnea. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengetahuan baru bagi para penggiat olahraga selam bebas (*freedive*) dan sebagai pertimbangan dalam menjalani latihan selam. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa VO2max memiliki korelasi terbalik dengan kemampuan apnea. Semakin tinggi nilai VO2max diduga kemampuan apnea semakin rendah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi analitik observasional yang mempelajari korelasi VO2max dengan kemampuan apnea. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah VO2max dan variabel terikatnya adalah kemampuan apnea yang diwakili oleh durasi atau lamanya melakukan apnea. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - September 2019. Subyek merupakan mahasiswa laki-laki berusia 20-25 tahun yang berjumlah 36 orang. Subyek ditentukan dengan metode *purposive sampling* dengan menerapkan kriteria inklusi dan kriteria eksklusif. Kriteria inklusi yang diterapkan adalah jenis kelamin laki-laki, berusia 20-25 tahun, tinggi badan 165-175 cm, lingkar dada 70-110, mengikuti test VO2max, bersedia menjadi Subyek dibuktikan dengan mengisi *informed consent*, serta tidak mempunyai riwayat penyakit kardiovaskuler maupun respirasi. Sedangkan kriteria eksklusif yang diterapkan adalah jenis kelamin bukan laki-laki, tidak berusia antara 20-25 tahun, tinggi badan tidak pada rentang 165-175 cm, lingkar dada tidak pada rentang 70-110 cm dan mempunyai riwayat penyakit kardiovaskuler atau respirasi serta sedang dalam pengobatan. Peneliti menemui subyek untuk meminta kesediaan mengikuti kegiatan penelitian. Jika Subyek bersedia, peneliti akan menjelaskan prosedur penelitian, akan melakukan kontrak waktu serta mengisi *informed consent*. Penentuan subyek dilakukan berdasarkan kriteria inklusi & eksklusif (*Purposive Sampling*).

Pengukuran VO2max dilakukan di Lapangan Basket STIBA-UKSW menggunakan metode *Beep Test/MFT (Multistage Fitness Test)* MFT (*Multistage Fitness Test*) (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988). Dalam tes-MFT ini, Subyek berlari bolak balik di antara 2 titik pada lapangan datar berjarak 20 meter dengan mengikuti aba-aba dari sumber audio yang memiliki standar. Hasil dari tes MFT ini berupa rekaman level dan balikan yang telah ditempuh Subyek dicatat dalam lembar catatan (*recording sheet*), yang dicatat oleh petugas yang mengawasi lintasan. Catatan hasil capaian Subyek dalam lembar catatan selanjutnya dikonversi ke dalam nilai VO2max dengan satuan $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ dengan menggunakan instrumen khusus berupa tabel konversi VO2max atau kalkulator VO2max yang memiliki standar dan telah teruji (Paradisis et al., 2014). Setiap Subyek melakukan tes MFT satu kali, dengan satu sesi tes serempak dilakukan oleh 6 Subyek. Karena tidak bisa dilakukan dalam sehari, tes dilakukan pada hari atau minggu yang berbeda disesuaikan kesediaan waktu, dalam hal ini dua kali dalam seminggu.

Pengukuran apnea dilakukan di Kolam Renang Kalitaman Salatiga. Kemampuan apnea diukur dengan cara menghitung durasi waktu menyelam di dalam air dalam keadaan duduk diam. Posisi diam mencegah terjadinya peningkatan denyut jantung dan peningkatan konsumsi oksigen pada otot yang berpotensi mempersingkat durasi apnea dan mempengaruhi validitas hasil pengukuran. Untuk memastikan Subyek melakukan apnea dengan benar, Subyek diminta masuk ke dalam air dengan posisi duduk, badan tegak dan badan masuk sempurna di dalam air. Peneliti menghitung lamanya Subyek bertahan di dalam air dalam sekali tarikan napas menggunakan stopwatch. Hitungan waktu dimulai ketika kepala Subyek masuk ke dalam air dan hitungan dihentikan ketika kepala Subyek keluar dari air. Dalam tes apnea, setiap Subyek melakukan tes sebanyak satu kali dengan tiga kali pengulangan dan diambil catatan waktu yang paling lama.

Data yang diperoleh dilakukan rekapitulasi dan dideskripsikan untuk mengetahui informasi dasar terlebih dahulu. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk mengetahui normalitas distribusi data. Jika nilai $p > 0,05$ maka data dianggap terdistribusi normal, sedangkan jika nilai $p < 0,05$ maka data dianggap tidak terdistribusi normal. Setelah uji normalitas dilakukan uji korelasi menggunakan uji pearson satu arah (Sastroasmoro & Ismael, 2011). Sebelum melakukan uji korelasi dilakukan uji linieritas. Apabila *sig linearity* lebih kecil dari tingkat signifikansi, maka regresi linear dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel-variabel yang ada. Sedangkan nilai *sig deviation from linearity* menunjukkan selinear apa data yang digunakan. Apabila nilai *sig deviation from linearity* lebih besar dari tingkat signifikansi, maka regresi linear dapat dipergunakan untuk

menjelaskan variabel-variabel yang ada (Widhiarso, 2010). Setelah uji linieritas dilakukan uji korelasi menggunakan uji korelasi pearson satu arah (Sastroasmoro & Ismael, 2011).

3. Hasil

Tabel 1. Statistik Deskriptif

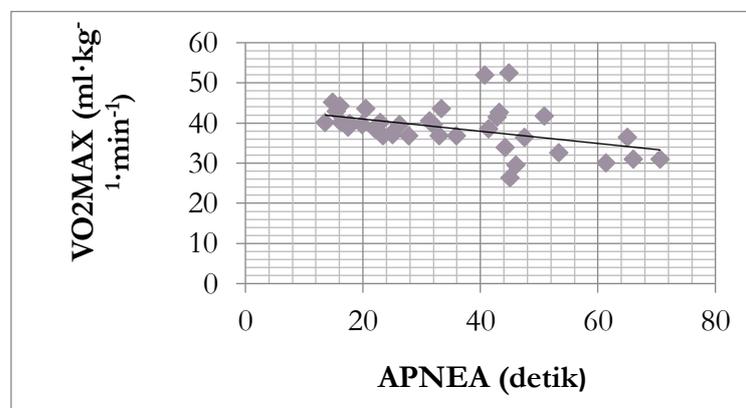
Variabel	Rata-Rata	Std. Deviasi	Maksimum	Minimum
Tinggi Badan (cm)	168,38	3,12	174	165
Lingkar Dada (cm)	86,15	7,63	100	65
VO2max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	38,37	5,52	52,5	23,2
Apnea (detik)	34,82	16,01	70,56	13,6

Hasil pengukuran terhadap 36 subyek didapati rata-rata tinggi badan 168,38 ± 3,12 cm, tinggi badan maksimum 174 cm, tinggi badan minimum 165 cm. Lingkar dada rata-rata 86,15 ± 7,63 cm, lingkar dada maksimum 100 cm, lingkar dada minimum 65 cm. VO2max rata-rata sebesar 38,73 ± 5,52 ml·kg⁻¹·min⁻¹ dengan nilai maksimum 52,5 ml·kg⁻¹·min⁻¹, dan nilai minimum 23,2 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Sedangkan variabel waktu apnea mempunyai rata-rata sebesar 34,82 ± 16,01 detik dengan nilai maksimum 70,56 detik, dan nilai minimum 13,6 detik.

Tabel 2. Hasil uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov*

	Statistic	Df	Sig.
Apnea	0,142	36	0,064
VO2max	0,120	36	0,200*

Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap kedua variabel didapati p>0,05 menunjukkan bahwa kedua variabel berdistribusi normal.



Gambar 1. Sebaran data VO2max dengan apnea

Sekilas dari pola pada grafik *scatter* di atas tampak bahwa VO2max yang tinggi memiliki durasi apnea yang rendah. Grafik yang landai menunjukkan kemungkinan korelasi yang lemah.

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Apnea*VO2max	Between Group	(Combined)	8358,208	25	334,328	5,385	0,004
		Linearity	1741,903	1	1,741,903	28,057	0,000
		Deviation from Linearity	6616,305	24	275,679	4,440	0,009
	Within Groups		620,855	10	62,085		
Total			8979,062	35			

Tabel 4. Uji linieritas apnea dengan VO2max

Uji linieritas dilakukan untuk mengetahui hubungan linear antara VO2max dengan apnea. Hasil uji linieritas menunjukkan bahwa nilai *Sig Linearity* sebesar $0,000 < 0,05$, begitu pula nilai *Sig Deviation from Linearity* $0,009 > 0,05$ dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua variabel berhubungan linear dan data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linear dengan cukup baik.

Tabel 5. Uji korelasi apnea dengan VO2max

		Apnea	VO2max
Apnea	Pearson Correlation	1	-0,440**
	Sig. (1-tailed)		0,004
	N	36	36
VO2max	Pearson Correlation	-0,440**	1
	Sig. (1-tailed)	0,004	
	N	36	36

Uji korelasi pearson satu arah (*1-tailed*) dilakukan untuk mengetahui korelasi antara VO2max dan apnea. Hasil uji korelasi di dapati $p < 0,05$ yang berarti ada korelasi antara VO2max dan apnea. Sedangkan nilai koefisien korelasi -0,44 menunjukkan bahwa adanya arah korelasi negatif dengan kekuatan korelasi lemah dimana semakin tinggi VO2max ada kecenderungan apnea semakin rendah.

4. Pembahasan

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa Subyek dengan VO2max tinggi cenderung mempunyai kemampuan apnea yang rendah. Semakin tinggi VO2max berarti semakin cepat oksigen terserap ke dalam sel, bisa disebabkan karena jumlah mitokondria lebih banyak dalam sel Subyek yang memiliki VO2max tinggi (Hoppeler, 1990; Scherzmann, Hoppeler, Kayar, & Weibel, 1989), mengakibatkan proses metabolisme aerobik terjadi lebih banyak di berbagai sel. Durasi apnea berkorelasi negatif dengan VO2max, sedangkan VO2max sendiri selain berkaitan dengan jumlah mitokondria juga berhubungan dengan beberapa faktor lain seperti genetik terutama gen ACTN3

(Candrawati, Gumilas, Rujito, & Ardiansyah, 2019), kapasitas vital paru (Putra et al., 2020), kadar hemoglobin dalam darah (Schmidt & Prommer, 2010) dan komposisi tubuh (Shete, Bute, & Deshmukh, 2014).

Kemampuan apnea menentukan performa penyelaman pada olahraga *freedive*. Oleh karena dilakukan tanpa alat bantu pernapasan, maka kemampuan menahan napas akan menentukan seberapa lama dan seberapa jauh penyelam dapat berada di dalam air. Faktor-faktor seperti genetik, kapasitas paru, hemoglobin dan komposisi tubuh berbeda-beda pada setiap penyelam. Hal ini menyebabkan setiap penyelam memiliki performa yang berbeda pula dalam melakukan penyelaman (Warganegara, 2015). Oleh karena itu sangat penting bagi penyelam untuk memahami dan mengetahui kondisi fisiologis dirinya terlebih dahulu sebelum melakukan penyelaman, demi meminimalkan risiko yang mungkin terjadi selama aktivitas menyelam. Oleh karena itu, pemeriksaan kesehatan menjadi suatu syarat wajib bagi penyelam di semua tingkatan, terutama penyelam pemula.

Faktor genetik tidak dapat diubah dan menjadi suatu kapasitas bawaan setiap individu sejak lahir. Namun, faktor lain seperti VO2max, kapasitas paru, hemoglobin dan komposisi tubuh merupakan komponen yang dapat dilatih. Kapasitas paru, hemoglobin dan komposisi tubuh dapat dilatih dengan latihan berbasis aerobik yang dilakukan dalam waktu relatif lama secara rutin (Palar, Wongkar, & Ticoalu, 2015). Latihan *High Intensity Interval Training* juga terbukti meningkatkan VO2max dan hemoglobin (Putra, Al Ardha, Kinasih, & Aji, 2017). Namun memperhatikan hasil penelitian ini bahwa VO2max berkorelasi negatif dengan kemampuan apnea, maka diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk menentukan jenis atau model latihan-latihan yang tepat bagi para penyelam bebas (*freediver*) dan juga porsi atau dosis latihan yang direkomendasikan. Mengingat bahwa latihan berbasis aerobik pada umumnya juga akan meningkatkan VO2max. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mempelajari hal tersebut.

Kapasitas vital paru yang besar dan kadar hemoglobin yang tinggi menjadi keuntungan dalam hal penyediaan oksigen selama aktivitas ventilasi luar tubuh terhenti (*apnea*). Kapasitas vital paru yang besar memungkinkan tubuh menampung lebih banyak oksigen dalam paru dan saluran napas. Kadar hemoglobin yang tinggi memungkinkan semakin banyak oksigen yang terikat dalam sel darah merah (E. Barrett, M. Barman, Boitano, & L. Brooks, 2012). Ditinjau dari sudut pandang *supply-demand* dalam sistem respirasi, kedua hal tersebut menunjang aspek *supply* oksigen untuk sel. Namun ketika seseorang menyelam di bawah air, tubuh akan dihadapkan dengan konsekuensi fisika yang dapat berpengaruh pada kedua variabel tersebut (Giancoli, 2014; Mc Ardle et al., 2009) (Giancoli, 2014).

Semakin dalam kedalaman penyelaman, maka semakin besar tekanan air yang mengenai tubuh, menurut hukum Boyle semakin besar tekanan maka volume udara akan semakin kecil (West, 2005) menurut hukum Boyle semakin tinggi tekanan maka volume udara akan semakin berkurang (Glazer & Telian, 2016) Pada kondisi menyelam, dengan kecepatan penggunaan oksigen yang sama (aspek *demand*) oleh sel-sel tubuh, volume oksigen yang semakin kecil dapat berakibat cadangan oksigen yang tersedia menjadi lebih cepat habis, dibandingkan dengan pada kondisi di permukaan di mana tubuh tidak terkena tekanan air yang besar. Selain itu semakin dalam kedalaman air, suhu air juga semakin rendah. Menurut hukum Charles, semakin rendah suhu maka semakin kecil volume gas (Giancoli, 2014). Rendahnya suhu di dalam air menambah kerugian bagi penyelam karena berkontribusi terhadap penurunan volume cadangan oksigen yang tersedia dalam tubuh.

Berkurangnya volume oksigen dalam tubuh karena peningkatan tekanan dan penurunan suhu lingkungan, menyebabkan penyelam harus lebih mengontrol laju penggunaan oksigen dalam rangka penghematan. Laju penggunaan oksigen dipengaruhi oleh aktivitas tubuh, dalam hal ini yang paling dominan adalah aktivitas kontraksi otot. Semakin sering dan semakin kuat otot berkontraksi, maka kebutuhan ATP semakin meningkat sehingga semakin banyak pula oksigen yang dikonsumsi demi

memenuhi kebutuhan ATP tersebut (Giriwijoyo, 2017). Sederhananya, semakin banyak tubuh bergerak, maka tubuh akan semakin boros dalam penggunaan oksigen.

Sangat penting bagi penyelam untuk merencanakan penyelaman. Penyelaman yang terencana dapat meminimalkan gerakan-gerakan yang tidak perlu selama penyelaman dan penyelaman bisa menjadi lebih efisien. Hal ini dapat membantu menghemat cadangan oksigen dalam tubuh dan mengurangi risiko *blackout*. Jika tubuh kekurangan oksigen, maka tubuh akan mengalami penurunan performa, bahkan beberapa organ tubuh dapat mengalami gangguan hingga penyelam dapat kehilangan kesadaran (Pearn, Franklin, & Peden, 2015). Hal ini tentu saja sangat berbahaya jika terjadi di dalam air. Untuk menghindari hal tersebut maka perencanaan yang matang diperlukan sebelum melakukan suatu sesi penyelaman.

5. Simpulan dan Rekomendasi

Dari hasil penelitian ini didapati bahwa terdapat korelasi negatif yang lemah antara VO2max dan kemampuan apnea. Di mana semakin tinggi VO2max ada kecenderungan apnea semakin rendah. VO2max memiliki hubungan dengan genetik, namun dalam penelitian ini belum ada kontrol dari aspek genetik dan Subyek berasal dari beberapa suku di Indonesia yang memiliki keragaman genetik yang cukup tinggi. Hal ini menjadi salah satu keterbatasan penelitian, dan diharapkan menjadi salah satu pertimbangan untuk penelitian selanjutnya. Perlu dilakukan penelitian dengan jumlah subyek yang lebih banyak untuk hasil yang lebih akurat, serta perlu dilakukan penelitian serupa dengan memperhatikan aspek genetik.

Ucapan Terima Kasih:

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Khususnya bagi Laboratorium Fakultas Kedokteran & Ilmu Kesehatan UKSW yang telah menyediakan fasilitas yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian ini.

Daftar Pustaka:

- Afriwardi. (2010). *Ilmu Kedokteran Olahraga*. Jakarta: EGC.
- Candrawati, S., Gumilas, S. A., Rujito, L., & Ardiansyah, I. R. (2019). *The relationship between ACTN3 gene polymorphism with VO2 max and flexibility*. 12007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1246/1/012007>
- E. Barrett, K., M. Barman, S., Boitano, S., & L. Brooks, H. (2012). *Ganong Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (24th ed.). McGraw-Hill Companies.
- Farrell, E. (2006). *One Breath: A Reflection on Freediving*. London: Pynto.
- Fernández, F. D. A., González-Ravé, J. M., & Juárez, D. (2017). Breath-hold diving performance factors. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(3), 582–592. <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.123.03>
- Giancoli, D. C. (2014). PHYSICS Basic Principles with Applications. In *Functional Analysis* (7th ed.). California: Pearson Education, Inc.
- Giriwijoyo, H. Y. S. S. (2017). *Fisiologi Kerja dan Olahraga*. Jakarta: Rajawali Pers.

- Glazer, T. A., & Telian, S. A. (2016, Maret-April). Otologic Hazards Related to Scuba Diving. *Sports Health*, 140-144.
- Hoppeler, H. (1990). The different relationship of VO₂ to muscle mitochondria in humans and quadrupedal animals. *Respiration Physiology*, 80(2-3), 137-145. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(90\)90077-C](https://doi.org/10.1016/0034-5687(90)90077-C)
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Lindholm, P., & Lundgren, C. E. (2009). The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. *Journal of Applied Physiology*, 106(1). Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/106/1/284.short>
- Ostrowski, A., Strzala, M., Stanula, A., Juskiewicz, M., Pilch, W., & Maszczyk, A. (2012). The Role of Training in the Development of adaptive Mechanisms in Freedivers. *Journal of Human Kinetics*, 32, 197-210.
- Palar, C. M., Wongkar, D., & Ticoalu, S. H. (2015, Januari-April). Manfaat Latihan Olahraga Aerobik Terhadap Kebugaran Fisik Manusia. *Jurnal e-Biomedik*, 3, 316-321.
- 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>
- Pearn, J. H., Franklin, R. C., & Peden, A. E. (2015). Hypoxic blackout: Diagnosis, risks, and prevention. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 9(3), 342-347. <https://doi.org/10.1123/ijare.2015-0036>
- Putra, K. P., Al Ardha, M. A., Kinasih, A., & Aji, R. S. (2017). Korelasi Perubahan Nilai VO₂Max, Eritrosit, Hemoglobin dan Hematokrit Setelah Latihan High Intensity Interval Training. *Jurnal Keolahragaan*, 5(2), 161-170.
- Putra, K. P., Pratama, R. P., & Nugroho, K. P. A. (2020). Kapasitas Vital Paru Berkorelasi Positif dengan Kemampuan Tahan Napas pada Laki-Laki Usia 19-25 Tahun. *JOSSAE : Journal of Sport Science and Education*, 5(1), 25. <https://doi.org/10.26740/jossae.v5n1.p25-32>
- Sastroasmoro, S., & Ismael, S. (2011). *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis* (4th ed.). Jakarta: Sagung Seto.
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2010). Impact of Alterations in Total Hemoglobin Mass on V'O₂max. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(2), 68-75. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181d4957a>
- Schwerzmann, K., Hoppeler, H., Kayar, S. R., & Weibel, E. R. (1989). Oxidative capacity of muscle and mitochondria: Correlation of physiological, biochemical, and morphometric characteristics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86(5), 1583-1587. <https://doi.org/10.1073/pnas.86.5.1583>
- Sherwood, L. (2015). *Fisiologi Manusia: Dari Sel ke Sistem* (8th ed.; D. R. Herman Octavius Ong, Albertus Agung Mahode, ed.). Jakarta: EGC.

- Shete, A. N., Bute, S. S., & Deshmukh, P. . (2014). A Study of VO2 Max and Body Fat Percentage in Female Athletes. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(12), BC01–BC03. Retrieved from [/pmc/articles/PMC4316241/?report=abstract](#)
- West, J. B. (2005). Robert Boyle's landmark book of 1660 with the first experiments on rarified air. *Journal of Applied Physiology*, 98(1), 31–39. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00759.2004>
- Sugiyono, & S. (2015). *Cara Mudah Belajar SPSS & Lisrel, Teori dan Aplikasi untuk Analisa Data Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Warganegara, R. K. (2015, Januari). Arikel Review: The Comparation Of Lung Vitalapacity in Various Sport Athlete. *Jurnal Majority*. Lampung: Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
- Widhiarso, W. (2010). *Prosedur Uji Linearitas pada Hubungan antar Variabel*. Yogyakarta: Fakultas Psikologi UGM.