

Ambilan Oksigen Maksimal dan Faal Paru Laki-laki Sehat Penyelam dan Bukan Penyelam

Deddy Herman, Faisal Yunus, Fachrial Harahap, Menaldi Rasmin

Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, RS Persahabatan Jakarta

Maximal Oxygen Uptake and Lung Function of Healthy Male Divers and Non-Divers

Abstract

Background : To characterise lung function and maximal oxygen uptake (VO_2 max) of divers. Influence of age, body mass index (BMI), exercise and smoking habit on lung function and VO_2 max

Methods : The study included 89 subjects, 46 divers and 43 healthy male. All subjects healthy by physical examination, chest x-ray and ECG. All subjects undergo lung function testing and cardiorespiratory testing with Brigham Young University jog test

Results : There were significant differences in vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume 1 (FEV_1) and peak expiratory flow (PEF) between male divers and healthy male with $p < 0.05$. No relation between VO_2 max and index of Brinkman on lung function of divers with $p < 0.05$. Age and BMI related to VO_2 max decline with Pearson correlation, $r = 0.388$ ($p = 0.001$) for age and 0.464 ($p = 0.00$) for BMI. Exercise will increase VO_2 max with $r = 0.456$ ($p = 0.00$). No relation between IB with VO_2 max with $r = 0.04$ ($p = 0.713$)

Conclusion : Lung function and VO_2 max in male divers larger than in healthy male. Age, BMI and exercise have significant effect on VO_2 max. No relation between VO_2 max and index of Brinkman on lung function of divers

Keyword : Divers, lung function, BYU jog test, VO_2 max, Age, BMI, exercise, IB

PENDAHULUAN

Penyelaman digunakan sejak dahulu untuk kepentingan komersial dan militer namun belakangan ini semakin banyak diminati sebagai pilihan olahraga dan diikuti perkembangan teknologi selam yang memudahkan penyelam mencapai tempat-tempat yang sebelumnya tidak mungkin dicapai. Olahraga selam berhubungan dengan berbagai risiko sehingga akan meningkatkan permintaan surat rekomendasi dokter terutama yang berhubungan dengan kemampuan respirasi.^{1,2}

Penyelam akan terpajan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi faal paru.^{1,3} Saat menyelam paru dan jalan napas akan terpengaruh oleh beberapa keadaan khusus. Menghirup udara dingin dan kering melalui jalan napas akan menyebabkan kehilangan panas lewat jalan napas dan peningkatan tekanan PO_2 selama penyelaman dapat menyebabkan kerusakan epitel jalan napas. Peningkatan usaha napas dan densitas gas akibat penyelaman akan menyebabkan peningkatan kerja otot napas dan kapasitas vital (KV).^{1,2,4}

Menyelam adalah aktivitas bawah air yang sukar dan dapat mempengaruhi struktur dan fungsi tubuh. Setiap orang yang melakukan penyelaman

mingkin harus berenang cepat pada keadaan gawat darurat untuk menolong pasangan menyelamnya dan harus bertahan terhadap pajanan yang terjadi.¹ Penyelam akan terpajan oleh beberapa faktor selama penyelaman seperti risiko tenggelam, turunnya suhu dan peningkatan tekanan lingkungan. Semua hal ini akan berpengaruh terhadap perubahan hemodinamik berupa peningkatan aliran darah dari perifer ke rongga dada sehingga meningkatkan volume darah intratoraks sekitar 700 ml yang akan menurunkan volume paru secara mekanis sekitar 300 ml dari KV yang mirip dengan pajanan suhu rendah. Peningkatan tekanan PO_2 dan PN_2 di dalam darah berhubungan dengan penurunan *cardiac output* karena penurunan denyut jantung dan isi sekuncup.⁵ Bahaya tekanan tinggi tidak dikhawatirkan lagi karena penemuan alat SCUBA.^{6,7}

Penyelam akan memiliki volume paru lebih besar daripada orang biasa. Kapasitas vital paksa akan lebih besar nilainya dibanding VEP_1 yang akan menyebabkan penurunan rasio VEP_1/KVP hal ini akibat efek menahan napas saat menyelam dan tahanan saat bernapas selama penyelaman. Tetzlaff dkk.⁸ pada penelitian *cross sectional* pada 180 orang penyelam laki-laki dan 35 kontrol menemukan pada penyelam terdapat penurunan FEF_{25} dan FEF_{50}

dibanding kontrol yang berhubungan dengan lama menyelam. Skogstad dkk.⁹ mendapatkan nilai KVP yang lebih besar pada 87 penyelam SCUBA profesional pada awal pemeriksaan. *Follow up* selama 3 tahun memperlihatkan nilai KVP yang sama dan penurunan nilai yang bermakna untuk VEP_1 sebesar 1,8% dan arus FEF_{75} sebesar 10,4% dalam 3 tahun yang menunjukkan perubahan fungsi jalan napas kecil. Crosbie dkk.¹⁰ pada penelitiannya mendapatkan rasio nilai VEP_1/KVP menurun seiring dengan peningkatan nilai KVP di atas 100% dari nilai prediksi. Skogstad dkk.¹¹ pada penelitian lanjutan pada 87 penyelam yang diikuti selama 6 tahun mendapatkan penurunan nilai yang bermakna yaitu KVP sebesar 0,91 ml dan VEP_1 sebesar 0,84 ml pertahun dibandingkan orang normal (KVP 0,24 ml, VEP_1 0,16 ml) dan penurunan nilai *transfer factor for carbon monoxide* ($TLCO_2$). Adir dkk.¹² mendapatkan pada penyelam biasanya akan ditemukan nilai volume paru yang lebih besar yang berhubungan dengan rasio nilai VEP_1/KVP yang mirip dengan kondisi PPOK dan disebut *large lung*. Davey dkk.¹³ menyatakan terdapat hubungan bermakna antara kedalaman penyelaman dengan nilai KVP namun tidak berhubungan dengan VEP_1 dan hal ini berkaitan dengan lama penyelaman.

Campbell¹⁴, Thorsen dkk.^{15,16} menyatakan perubahan yang terjadi pada paru penyelam adalah perubahan struktur jalan napas kecil dan perubahan sementara faal paru terlihat setelah penyelaman. Efek merokok pada faal paru penyelam diteliti oleh Suzuki. Didapatkan tidak ada perbedaan nilai KVP, VEP_1 , FEF_{75} antara dua kelompok penyelam perokok dan tidak perokok namun APE pada perokok secara bermakna lebih rendah. Peneliti menyimpulkan volume paru penyelam lebih besar nilainya dibanding populasi umum.¹⁷

Ambilan oksigen maksimal adalah ukuran kesehatan seorang atlet yang dinilai dari rerata O_2 tertinggi yang dapat dikonsumsi tubuh per menit saat latihan maksimal. Weber dkk.^{dikutip dari 18} menyatakan VO_2 maks adalah ambilan O_2 yang tetap atau berubah kurang dari 1 ml/menit/kgBB selama 30 detik atau lebih pada perubahan beban kerja atau uji latih yang bertambah. Kenaikan VO_2 maks akan berhubungan secara linier dengan kenaikan beban kerja sampai tahap maksimal dan selanjutnya akan mendatar. Titik ini memperlihatkan konsumsi oksigen menjadi mendatar memperlihatkan jumlah O_2 maksimal yang dapat digunakan tubuh atau VO_2 maks. Kondisi ini merupakan indikator terbaik untuk menilai ketahanan kardio- respirasi dan kemampuan aerobik seseorang.^{19,20}

PERMASALAHAN

Seiring dengan kemajuan bidang hiperbarik, teknologi penyelaman juga semakin maju. Teknologi ini membuat penyelam lebih mudah mencapai tempat-tempat yang sebelumnya tidak mungkin dicapai. Penyelam akan terpajan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi faal atau menyebabkan kerusakan paru dan jalan napas disamping peningkatan kerja otot-otot pernapasan. Paru akan terpajan oleh peningkatan tekanan PO_2 yang terjadi apabila penyelam turun makin dalam ke dasar laut, semakin sering seseorang melakukan penyelaman akan semakin besar risiko kelainan faal paru yang mungkin terjadi disamping penyakit-penyakit lain yang berhubungan dengan penyelaman. Olahraga selam berkembang di Indonesia sejak tahun 1970 dan digunakan untuk kepentingan militer, komersial ataupun olahraga dan telah dipertandingkan di pekan olahraga nasional ataupun internasional. Untuk mencapai prestasi yang optimal di bidang olahraga selam tentu dibutuhkan faal paru yang baik serta ditunjang oleh kemampuan kardiorespirasi yang optimal hingga perlu dimulai penelitian tentang faal paru dan daya tahan kardiorespirasi pada penyelam di Indonesia untuk mendapatkan data dasar dan untuk menjadi acuan penelitian selanjutnya.

TUJUAN PENELITIAN

- Memperoleh data karakteristik, perbedaan VO_2 maks dan faal paru laki-laki sehat penyelam dan bukan penyelam.

TUJUAN KHUSUS PENELITIAN

- Mengetahui rerata ukuran faal paru laki-laki sehat penyelam dan bukan penyelam.
- Mengetahui rerata VO_2 maks, kapasitas vital paru (KVP), volume ekspirasi paksa detik pertama (VEP_1), VEP_1/KVP laki-laki sehat penyelam di Indonesia.
- Mengetahui pengaruh umur, IMT, latihan dan kebiasaan merokok terhadap faal paru laki-laki sehat penyelam.
- Mengetahui pengaruh kebiasaan merokok dan latihan terhadap VO_2 maks laki-laki sehat penyelam.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian

penelitian ini menggunakan studi potong lintang analitik.

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di poliklinik asma RS Persahabatan Bagian Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi FKUI dari bulan Juli sampai Oktober 2007.

Populasi

Populasi target penelitian ini adalah penyelam SCUBA yang ada di bawah POSSI DKI Jakarta.

Sampel

Sampel penelitian adalah laki-laki sehat penyelam SCUBA yang ada di komando pasukan katak (KOPASKA) Pondok Dayung serta sebagai kontrol adalah laki-laki sehat bukan penyelam.

Kriteria inklusi

- Penyelam SCUBA POSSI DKI Jakarta
- Laki – laki
- Berumur antara 20-50 tahun
- Sehat secara anamnesis, pemeriksaan fisis, elektrokardiografi (EKG) dan radiologis
- Bersedia mengikuti seluruh prosedur dan waktu penelitian.

Kriteria eksklusi

- Menolak mengikuti penelitian yang dilakukan
- Menderita penyakit infeksi jalan napas atas
- Tidak sehat pada pemeriksaan fisis, EKG dan radiologis
- Tidak bisa mengikuti prosedur dan tidak datang saat pemeriksaan.

Besar Sampel

Perhitungan besar sampel berdasarkan rumus ditetapkan 45 orang

PROSEDUR PENELITIAN

Pada penelitian ini baik kelompok penyelam dan bukan penyelam (kontrol) menjalani pemeriksaan fisis, EKG, foto toraks, faal paru dan pemeriksaan uji kardio respirasi dengan *Bringham Young Unibersity Jog test*.

Prosedur pemeriksaan *Bringham Young Unibersity Jog test* adalah sebagai berikut :

- Uji ini lebih cocok digunakan untuk dewasa muda dan orang sehat. Uji dilakukan dengan melakukan jogging dengan kecepatan tetap sejauh 1 mil. Denyut jantung dihitung segera setelah latihan. Informasi yang dibutuhkan adalah :²¹
 - Berat dalam kg
 - Waktu dalam menit
 - Denyut jantung latihan dihitung segera dengan

jumlah denyut permenit.

Persamaan untuk laki-laki

$$VO_2 \text{maks (ml/kg/min)} = 108,84 - (0,16 \times BB) - (1,44 \times \text{waktu untuk 1 mil}) - (0,19 \times \text{denyut jantung latihan})$$

Persamaan untuk perempuan

$$VO_2 \text{maks (ml/kg/min)} = 100,50 - (0,16 \times BB) - (1,44 \times \text{waktu untuk 1 mil}) - (0,19 \times \text{denyut jantung latihan})$$

Prosedur :

- Obat-obatan yang mempengaruhi jantung tidak boleh digunakan selama mengikuti pemeriksaan
- Pemanasan dilakukan selama 2-3 menit
- Joging dalam jarak 1 mil dengan kecepatan yang tetap, untuk laki-laki diperkirakan dibutuhkan waktu selama ≥ 8 menit, dan perempuan ≥ 9 menit dan denyut jantung latihan ≤ 180 denyut/menit
- Penghitungan segera setelah latihan selesai.

Tabel 1. Nilai VO_2 maks Laki-laki (nilai dalam ml/kg/min)

Umur	Sangat buruk	Buruk	Rata-rata	Baik	Sangat baik	Superior
13 – 19	<35,0	35,0 – 38,3	38,4 – 45,1	45,2 – 50,9	51,0 – 55,9	>55,9
20 – 29	<33,0	33,0 – 36,4	36,5 – 42,4	42,5 – 46,4	46,5 – 52,4	>52,4
30 – 39	<31,5	31,5 – 35,4	35,5 – 40,9	41,0 – 44,9	45,0 – 49,4	>49,4
40 – 49	<30,2	30,2 – 33,5	33,6 – 38,9	39,0 – 43,7	43,8 – 48,0	>48,0
50 – 59	<26,1	26,1 – 30,9	31,0 – 35,7	35,8 – 40,9	41,0 – 45,3	>45,3
60 +	<20,5	20,5 – 26,0	26,1 – 32,2	32,3 – 36,4	36,5 – 44,2	>44,2

Dikutip dari (22)

Analisis statistik

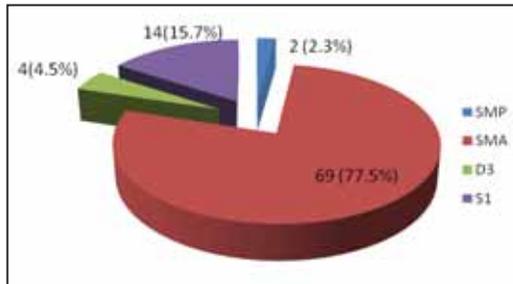
Akan dilakukan analisis statistik dengan uji-t tidak berpasangan dan korelasi antara 2 variabel dari program SPSS 12 dengan variabel tergantung VO_2 maks dan variabel bebas umur, IMT, jumlah latihan dan indeks *Brinkman* (IB)

HASIL PENELITIAN

KARAKTERISTIK PASIEN

Subjek yang diteliti adalah 122 orang laki-laki sehat yang terbagi atas 2 kelompok kontrol sebanyak 57 orang dan penyelam sebanyak 65 orang. Sebelas orang kontrol tidak dapat melanjutkan penelitian karena ditemukan kelainan pada foto toraksnya dan 1 orang tidak ikut serta pada saat pemeriksaan dan 2 orang dikeluarkan karena nilai yang ekstrim yang dapat mempengaruhi penelitian. Pada kelompok

penyelam 4 orang sakit, 4 orang berangkat tugas dan 11 orang tidak dapat mengikuti pemeriksaan lanjutan dan dikeluarkan dari penelitian. Pada akhir penelitian didapatkan 43 orang kontrol dan 46 orang subjek penelitian yang dapat di analisis.



Gambar 1. Distribusi pendidikan subjek penelitian

Sebagian besar subjek berpendidikan SMA sebanyak 69 orang (77,5%), 14 orang berpendidikan S1 (15,7%), 4 orang berpendidikan D3 (4,5%) dan 2 orang berpendidikan SMP (2,3%). Sebagian besar kontrol bekerja sebagai karyawan sebanyak 29 orang (32,6%), 14 orang dokter (15,7%), 46 orang penyelam adalah tentara (51,7%) distribusi umur subjek yang ikut penelitian terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Distribusi umur subjek penelitian

	Kelompok umur			Total
	20-29	30-39	40-49	
Kontrol	13	26	4	43
Penyelam	18	25	3	46
Total	31	51	7	89
%	34,8%	57,3	7,9%	100%

Rerata umur subjek penelitian pada kontrol adalah $33,21 \pm 6,08$ tahun, penyelam $31,02 \pm 4,10$ tahun dengan nilai $p=0,52$, umur subjek termuda 20 tahun dan tertua 45 tahun. Berat badan kontrol dengan rerata $63,16 \pm 7,98$ kg dan penyelam $63,84 \pm 5,61$ kg dengan nilai $p=0,64$, berat badan subjek paling ringan 50 kg dan terberat 80 kg. Tinggi badan kontrol $164,65 \pm 6,36$ cm dan penyelam $165,54 \pm 6,34$ cm dengan nilai $p=0,42$, terendah 148 cm dan tertinggi 180 cm. Indeks massa tubuh kontrol $23,35 \pm 3,10$ kg.m² dan penyelam $23,31 \pm 1,83$ kg.m² dengan nilai $p=0,94$, nilai terendah 18,6 kg.m² dan tertinggi 30 kg.m². Nilai kemaknaan untuk ke empat variabel diatas lebih besar dari $p=0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok bersifat homogen dan dapat dibandingkan. Data variabel lainnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Uji-t tidak berpasangan pada kelompok kontrol dan penyelam

Variabel	Kontrol Rerata \pm SD N = 43	Penyelam Rerata \pm SD N = 46	p
Umur	33,21 \pm 6,08	31,02 \pm 4,10	0,52
Berat badan	63,16 \pm 7,98	63,84 \pm 5,61	0,64
Tinggi badan	164,65 \pm 6,36	165,54 \pm 6,34	0,42
IMT	23,35 \pm 3,10	23,31 \pm 1,83	0,94
Latihan perbulan	0,70 \pm 1,50	22,87 \pm 2,83	0,00*
Waktu tempuh 1 mil	10,05 \pm 1,51	8,76 \pm 0,51	0,00*
Nadi prauji	83,63 \pm 5,33	71,00 \pm 2,45	0,00*
Nadi pascauji	167,58 \pm 9,33	161,02 \pm 9,87	0,002*
VO ₂ maks	52,41 \pm 3,56	55,50 \pm 2,66	0,00*

* Korelasi bermakna pada level 0,05 (2-tail)

FAAL PARU

Uji-t tidak berpasangan digunakan untuk menilai hasil pemeriksaan spirometri antara kelompok kontrol dan penyelam dan didapatkan perbedaan yang bermakna secara statistik antara kedua kelompok. Rerata KV untuk kontrol adalah $3636,51 \pm 496,09$ ml dan penyelam $3874,35 \pm 437,37$ ml dengan nilai $p=0,018$. Rerata KVP kontrol $3449,77 \pm 471,02$ ml dan penyelam $3788,69 \pm 447,29$ ml dengan nilai $p=0,001$. Rerata VEP₁ untuk kontrol $2982,79 \pm 433,80$ ml dan penyelam $3254,35 \pm 374,07$ ml dengan nilai $p=0,002$. Nilai APE dengan rerata untuk kontrol $486,53 \pm 100,02$ ml dan penyelam $531,95 \pm 77,77$ ml dengan nilai $p=0,019$. Hasil menunjukkan keempat variabel di atas berbeda secara bermakna antara kelompok kontrol dan penyelam sedangkan untuk VEP₁/KVP, FEF₂₅, FEF₅₀, FEF₇₅ dan MVV tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Uji-t tidak berpasangan faal paru pada kelompok kontrol dan penyelam

Variabel	Kontrol Rerata \pm SD N = 43	Penyelam Rerata \pm SD N = 46	p
KV	3636,51 \pm 496,09	3874,35 \pm 437,37	0,018*
KVP	3449,77 \pm 471,02	3788,69 \pm 447,29	0,001*
VEP ₁	2982,79 \pm 433,80	3254,35 \pm 374,07	0,002*
VEP ₁ /KVP	0,86 \pm 0,42	0,86 \pm 0,51	0,689
APE	486,53 \pm 100,02	531,95 \pm 77,77	0,019*
FEF ₂₅	6,30 \pm 1,70	6,68 \pm 1,52	0,268
FEF ₅₀	4,12 \pm 1,18	4,16 \pm 1,02	0,867
FEF ₇₅	1,76 \pm 0,58	1,71 \pm 0,55	0,696
MVV	128,43 \pm 18,02	134,38 \pm 17,39	0,117

* Korelasi bermakna pada level 0,05 (2-tail)

Secara Uji-t tidak ditemukan perbedaan antara umur, TB, BB dan IMT diantara kedua kelompok kontrol dan penyelam yang menunjukkan kedua kelompok penelitian tidak berbeda dan layak untuk dibandingkan.

KORELASI LATIHAN PERBULAN, IB DAN VO₂ maks DENGAN FAAL PARU

Terdapat korelasi yang lemah namun bermakna secara statistik antara latihan perbulan dengan faal paru didapatkan dari nilai KV dengan $r=0,244$, KVP dengan $r=0,339$, VEP₁ $r=0,319$ dan APE dengan nilai $r=0,254$. Ada korelasi antara Vo₂ maks dengan nilai KVP dengan nilai $r=0,246$ dan VEP₁ dengan nilai $r=0,211$ tetapi tidak didapatkan korelasi antara faal paru dengan indeks derajat merokok yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Uji korelasi latihan perbulan, IB dan VO₂ maks dengan faal paru kelompok kontrol dan penyelam

Variabel Spirometri	Latihan perbulan	IB	VO ₂ maks	N = 89 Uji
KV	0,244* 0,021	0,41 0,703	0,200 0,060	korelasi Pearson Sig(2-tail)
KVP	0,339** 0,001	0,49 0,651	0,246* 0,020	korelasi Pearson Sig(2-tail)
VEP ₁	0,319** 0,003	0,002 0,988	0,211* 0,047	korelasi Pearson Sig(2-tail)
VEP ₁ /KVP	0,026 0,806	0,113 0,290	0,082 0,448	korelasi Pearson Sig(2-tail)
APE	0,254* 0,016	0,125 0,242	0,084 0,431	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₂₅	0,120 0,262	0,159 0,137	0,129 0,229	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₅₀	0,031 0,772	0,080 0,454	0,045 0,675	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₇₅	0,014 0,895	0,192 0,072	0,083 0,440	korelasi Pearson Sig(2-tail)
MVV	0,165 0,122	0,111 0,299	0,149 0,164	korelasi Pearson Sig(2-tail)

** Korelasi bermakna pada level 0,01 (2-tail)
* Korelasi bermakna pada level 0,05 (2-tail)

Tabel 6. Uji korelasi latihan perbulan, IB dan VO₂ maks dengan faal paru pada penyelam

Variabel Spirometri	Latihan perbulan	IB	VO ₂ maks	N = 46 Uji
KV	0,030 0,842	0,130 0,388	0,21 0,888	korelasi Pearson Sig(2-tail)
KVP	0,067 0,659	0,204 0,173	0,083 0,583	korelasi Pearson Sig(2-tail)
VEP ₁	0,048 0,752	0,184 0,220	0,074 0,627	korelasi Pearson Sig(2-tail)
VEP ₁ /KVP	0,061 0,688	0,058 0,702	0,030 0,846	korelasi Pearson Sig(2-tail)
APE	0,603 0,677	0,005 0,975	0,070 0,643	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₂₅	0,080 0,599	0,151 0,316	0,112 0,459	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₅₀	0,045 0,767	0,157 0,296	0,101 0,503	korelasi Pearson Sig(2-tail)
FEF ₇₅	0,053 0,729	0,154 0,308	0,120 0,426	korelasi Pearson Sig(2-tail)
MVV	0,051 0,734	0,193 0,200	0,146 0,332	korelasi Pearson Sig(2-tail)

* Korelasi bermakna pada level 0,05 (2-tail)

Tabel 6 menunjukkan bahwa bila dilakukan uji hanya pada kelompok penyelam tidak ditemukan korelasi antara faal paru dengan latihan perbulan dan indeks derajat merokok.

AMBILAN OKSIGEN MAKSIMAL

Tabel 7 memperlihatkan hubungan nilai VO₂ maks diantara 3 kelompok umur dan memperlihatkan perbedaan bermakna nilai VO₂ maks antara penyelam dan kontrol pada kelompok umur 30-39 tahun dengan nilai $p=0,00$ dan 40-49 tahun dengan nilai $p=0,042$ namun tidak ditemukan perbedaan pada kelompok umur lebih muda 20-29 tahun dengan nilai $p=0,174$.

Tabel 7. Uji t tidak berpasangan kelompok umur dengan nilai VO₂ maks antara kelompok kontrol dan penyelam

Kelompok umur	N	Rerata ± SD VO ₂ maks	p
Kontrol	20-29	13 54,05 ± 3,26	0,174
Penyelam	18	55,53 ± 2,65	
Kontrol	30-39	26 52,02 ± 3,53	0,000*
Penyelam	25	55,51 ± 2,79	
Kontrol	40-49	4 49,70 ± 2,81	0,042*
Penyelam	3	55,34 ± 2,55	

* korelasi bermakna pada level 0,05 (2-tail)

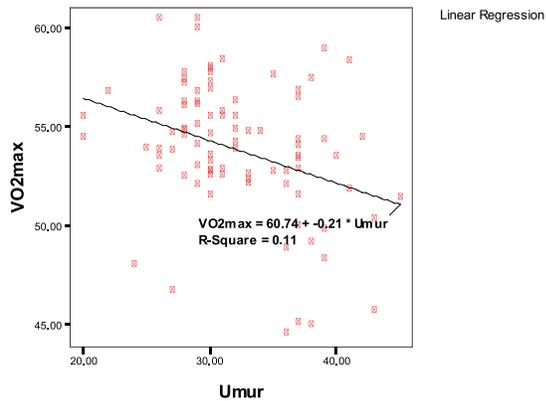
Uji korelasi antara nilai VO₂ maks dengan umur, kelompok IMT dan jumlah latihan pada kelompok kontrol dan penyelam dapat dilihat pada tabel 8, menunjukkan hubungan antara umur dan VO₂ maks dengan nilai $r=0,323$ dan untuk kelompok IMT dan VO₂ maks didapatkan korelasi dengan nilai $r=0,474$ dan jumlah latihan dengan VO₂ maks dengan nilai $r=0,423$ tetapi tidak didapatkan korelasi antara derajat berat merokok dengan VO₂ maks dengan nilai $r = 0,015$.

Tabel 8. Uji korelasi VO₂ maks dengan umur, IMT, jumlah latihan pada kontrol dan penyelam

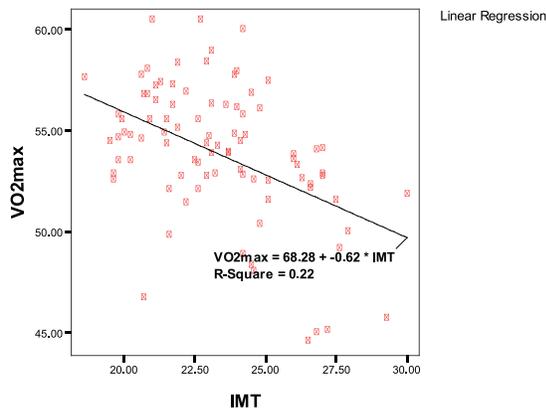
Variabel	VO ₂ maks	Uji
Umur	0,338** $p=0,001$	korelasi Pearson
IMT	0,464** $p=0,000$	korelasi Pearson
Latihan perbulan	0,456** $p=0,00$	korelasi Pearson
IB	0,040 $p=0,713$	korelasi Pearson

** Korelasi bermakna pada level 0,01 (2-tail)

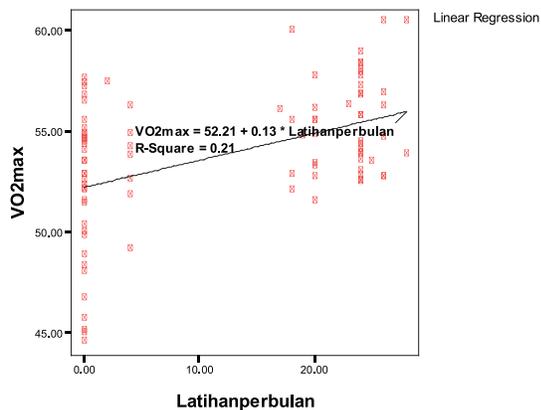
Pemeriksaan dengan *scatter plot* didapatkan korelasi yang bermakna secara statistik pertambahan umur, pertambahan IMT dan jumlah latihan dengan nilai VO_2 maks tetapi tidak ada korelasi antara IB dengan nilai VO_2 maks yang dapat dilihat di gambar 6-8.



Gambar 2. *Scatter plot* korelasi umur dengan nilai ambilan oksigen maksimal kontrol dan penyelam.



Gambar 3. *Scatter plot* korelasi IMT dengan nilai ambilan oksigen maksimal kontrol dan penyelam.



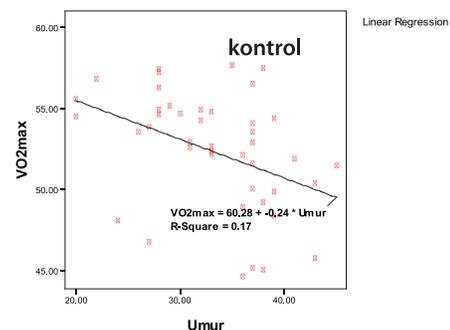
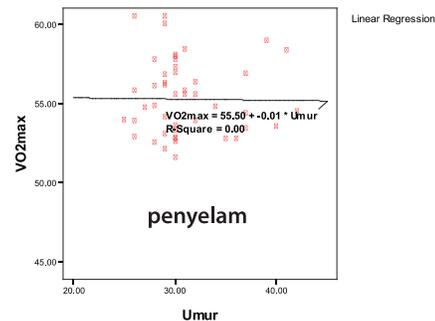
Gambar 4. *Scatter plot* korelasi latihan perbulan dengan nilai ambilan oksigen maksimal kontrol dan penyelam.

Tabel 9. Uji korelasi VO_2 maks dengan umur, IMT, jumlah latihan antara kontrol dan penyelam

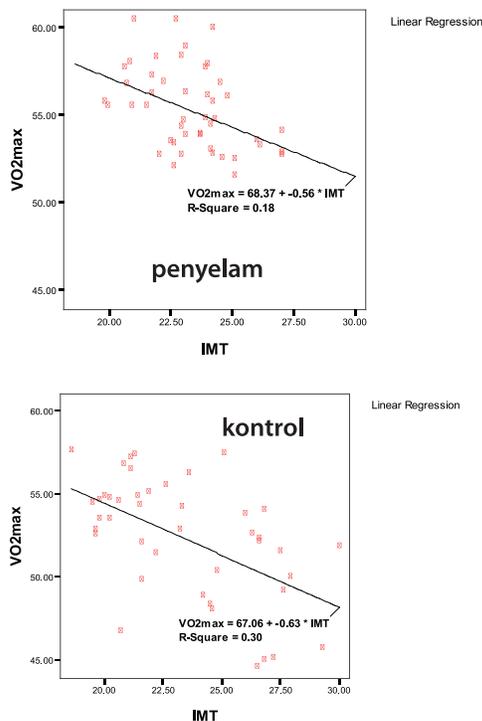
Variabel	VO_2 maks		Uji
	Kontrol	Penyelam	
Umur	0,384**	0,014	korelasi
	0,011	0,928	Pearson
	43	46	Sig(2-tail)
IMT	0,547**	0,430**	N
	0,00	0,003	korelasi
	43	46	Pearson
Latihan perbulan	0,143	0,165	Sig(2-tail)
	0,359	0,275	N
	43	46	korelasi
IB	0,129	0,037	Pearson
	0,408	0,806	Sig(2-tail)
	43	46	N
			korelasi
			Pearson
			Sig(2-tail)
			N

** Korelasi bermakna pada level 0,01 (2-tail)

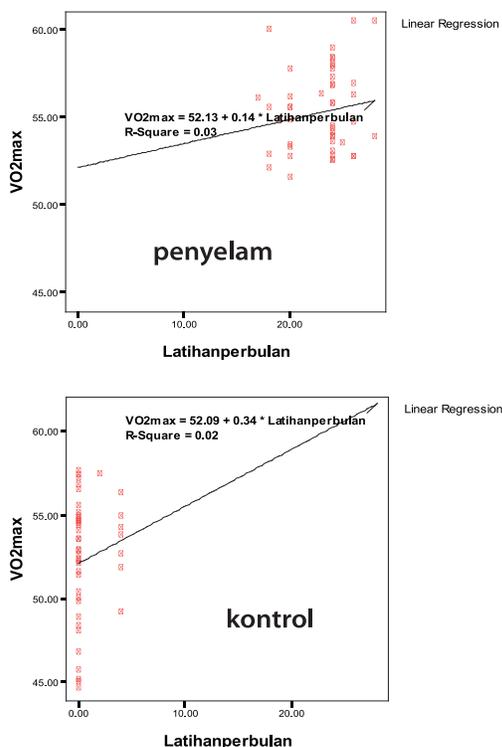
Uji korelasi antara nilai VO_2 maks dengan umur, kelompok IMT dan jumlah latihan pada penyelam dapat dilihat pada tabel 12, menunjukkan nilai yang tidak bermakna secara statistik antara umur, jumlah latihan dan indeks derajat merokok dengan VO_2 maks dan didapatkan korelasi antara kelompok IMT dengan VO_2 maks dengan nilai $r=0,430$ dan korelasinya dapat dilihat pada *scatter plot* pada gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 5. *Scatter plot* korelasi umur dengan nilai ambilan oksigen maksimal pada kontrol dan penyelam.



Gambar 6. Scatter plot korelasi IMT dengan nilai ambilan oksigen maksimal pada kontrol dan penyelam.



Gambar 7. Scatter plot korelasi latihan perbulan dengan nilai ambilan oksigen maksimal pada kontrol dan penyelam.

PEMBAHASAN

KARAKTERISTIK SUBJEK PENELITIAN

Besar sampel penelitian

Subjek yang diteliti sebanyak 89 orang laki-laki sehat terdiri atas kelompok kontrol sebanyak 43 orang dan kelompok penyelam sebanyak 46 orang dengan riwayat penyelaman 100-730 kali dan lama 1-5 tahun. Tidak ada perbedaan bermakna antara kedua kelompok dalam hal umur, berat badan, tinggi badan dan indeks massa tubuh dengan nilai $p > 0,05$ dan bila diuji dengan uji *chi square* juga memberikan hasil yang lebih besar dengan $p > 0,05$ sehingga kedua kelompok dapat dibandingkan.

Karakteristik subjek penelitian

Sebagian besar subjek berpendidikan SMA dan dari 69 orang (77,5%) yang berpendidikan SMA 46 orang berasal dari kelompok penyelam, 14 orang berpendidikan S1 (15,7%), 4 orang berpendidikan D3 (4,5%) dan 2 orang berpendidikan SMP (2,3%). Sebagian besar kontrol bekerja sebagai karyawan sebanyak 29 orang (32,6%), 14 orang dokter (15,7%) dan 46 orang penyelam seluruhnya adalah tentara (51,7%). Apabila penyelam dikelompokkan berdasarkan kelompok umur didapatkan 18 orang pada kelompok umur 20-29 th, 25 orang dikelompok 30-39 th dan 3 orang dikelompok 40-49 th. Kenapa penyelam berusia antara 40-49 sedikit adalah karena untuk menjadi penyelam di Kesatuan Komando Pasukan Katak dibutuhkan stamina dan daya tahan yang tinggi yang akan ditemukan pada usia dewasa muda mengingat risiko pada pekerjaan ini sehingga penyelam yang berusia lebih tua akan ditugaskan di tempat lain, menjadi pelatih selam atau tidak aktif lagi untuk menyelam.

Karakteristik nilai dasar penelitian

Perbedaan nadi prauji dan pascauji lari sejauh 1 mil yang lebih rendah serta perbandingan hasil KV, KVP, VEP₁ dan APE yang lebih tinggi pada penyelam dibandingkan orang normal terjadi karena perbedaan aktivitas fisis diantara kedua kelompok. Kelompok penyelam biasa melakukan latihan rutin setiap hari dengan aktivitas senam militer, lari dan latihan penyelaman sedangkan pada kontrol laki-laki sehat hanya sedikit yang melakukan latihan rutin dan walaupun ada hanya dilakukan 1 kali seminggu atau tidak cukup untuk menyebabkan peningkatan kemampuan kardiorespirasinya.

Adriskanda²³ Wilmore dkk.²⁴ menyatakan latihan fisis akan menyebabkan otot-otot menjadi kuat, perbaikan fungsi otot terutama otot pernapasan dan membuat otot pernapasan lebih efisien pada saat istirahat dan latihan. Ventilasi paru antara orang terlatih dan tidak terlatih relatif sama tetapi orang terlatih bernapas lebih lambat dan dalam. Hal ini akan menyebabkan oksigen yang dibutuhkan untuk kerja otot akan berkurang. Fungsi sistem respirasi tidak akan membatasi daya tahan latihan karena ventilasi dapat meningkat lebih tinggi dibandingkan sistem kardiovaskuler. Latihan akan meningkatkan volume paru berupa peningkatan kapasitas paru total, penurunan volume residu, peningkatan volume tidal, meningkatnya ventilasi pulmoner dan peningkatan difusi karena peningkatan curah jantung. Efisiensi kerja paru akan menurunkan laju napas permenit dan ventilasi paru saat istirahat karena efisiensi kerja paru.²⁴

Guyton²⁵ menyatakan bahwa aktivitas akan meningkatkan frekuensi dan volume pernapasan serta mempunyai efek yang jelas terhadap peningkatan kemampuan paru untuk meningkatkan ventilasi permenit yaitu banyaknya udara yang dapat dipindahkan paru dalam 1 menit. Laszlo²⁶, Levitzky²⁷, Cooper²⁸ menyatakan latihan fisis akan menyebabkan perubahan pada organ tubuh menyebabkan organ bekerja efisien sehingga kapasitas kerja maksimum dapat tercapai. Peningkatan dan perbaikan pola pernapasan menjadi optimal serta peningkatan kapiler paru yang aktif akan meningkatkan kapasitas difusi pada orang yang terlatih. Cochran dkk.²⁹ yang melakukan penelitian tentang aktivitas fisis pada penyandang asma menemukan bahwa terdapat peningkatan nilai VEP_1 yang bermakna setelah melakukan latihan teratur. Weiner dkk.³⁰ Beasley dkk.³¹ juga menemukan hal yang sama bahwa latihan rutin dan teratur akan meningkatkan nilai VEP_1 . Yunus dkk.³² mendapatkan peningkatan KVP dan VEP_1 dan APE yang bermakna pada penyandang asma, hal tersebut karena perbaikan kemampuan otot-otot ekspirasi dan gerakan diafragma. Perbaikan faal paru terjadi karena latihan akan menyebabkan peningkatan kemampuan otot-otot pernapasan berupa hipertrofi, peningkatan jumlah mitokondria, enzim oksidatif dan mioglobin.

FAAL PARU

Penyelam akan memiliki volume paru yang lebih besardaripada orang biasa. Kapasitas vital paksa akan lebih besar dibanding VEP_1 yang akan menurunkan rasio VEP_1/KVP . Skogstad dkk.⁹ mendapatkan nilai KVP yang lebih besar pada 87 penyelam SCUBA

profesional pada awal pemeriksaan dan diikuti selama 3 tahun memperlihatkan nilai KVP yang sama dan penurunan nilai yang bermakna untuk VEP_1 sebesar 1,8% dan arus FEF_{75} sebesar 10,4% dalam 3 tahun yang menunjukkan perubahan fungsi jalan napas kecil.

Crosbie dkk.¹⁰ mendapatkan rasio nilai VEP_1/KVP menurun seiring peningkatan nilai KVP di atas 100% dari nilai prediksi. Skogstad dkk.¹¹ pada penelitian lanjutan pada 87 penyelam yang diikuti selama 6 tahun mendapatkan penurunan nilai yang bermakna yaitu KVP sebesar 0,91 ml dan VEP_1 sebesar 0,84 ml pertahun dibandingkan orang normal (KVP 0,24 ml, VEP_1 0,16 ml) dan penurunan $TLCO_2$. Adir dkk.¹² mendapatkan pada penyelam ditemukan nilai volume paru yang lebih besar yang berhubungan dengan rasio nilai VEP_1/KVP yang mirip kondisi PPOK. Davey dkk.¹³ menyatakan terdapat hubungan bermakna antara kedalaman penyelaman dengan nilai KVP namun tidak berhubungan dengan VEP_1 dan hal ini berhubungan dengan lamanya penyelaman. Thorsen dkk.³³ pada penelitiannya terhadap 152 penyelam mendapatkan penurunan VEP_1 , VEP_1/KVP , FEF_{75} , FEF_{75-85} , FEF_{50} , FEF_{75} , $TLCO_2$, nilai KV yang lebih besar dibandingkan kontrol dan terdapat hubungan bermakna antara lama penyelaman dengan nilai KV. Tezlaff dkk.³⁴ menemukan bahwa tidak terdapat hubungan antara penurunan VEP_1 dengan lama penyelaman. Tetapi kom-binasi antara merokok dan penyelaman akan mempercepat penurunan nilai VEP_1 sehingga dianjurkan tidak merokok bagi penyelam. Kenapa penelitian ini tidak mendapatkan hal yang serupa adalah karena desain penelitian yang berbeda yang hanya melihat sesaat fungsi paru penyelam yang bertujuan mendapatkan data dasar nilai faal paru penyelam di Indonesia dengan harapan dapat dilanjutkan dengan desain kohort prospektif terhadap penyelam yang telah ada.

Korelasi umur, IMT, jumlah latihan perbulan, IB dan Vo_2 maks dengan faal paru memperlihatkan pada kedua kelompok ada korelasi yang bermakna seperti korelasi umur dan KV dengan nilai $r=0,231$, KVP dengan $r=0,209$, VEP_1 dengan $r=0,286$, FEF_{75} dengan $r=0,307$ dan MVV dengan nilai $r=0,223$. Nilai faal paru akan dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain umur, TB, jenis kelamin dan latihan fisis. Nilai faal paru yang tertinggi akan dicapai di umur 19-21 tahun karena fungsi pernapasan dan sirkulasi darah akan meningkat dari masa kanak-kanak dan jadi optimal pada umur 20-30 tahun. Sesudah itu akan terjadi penurunan. Setelah mencapai titik maksimal pada umur dewasa muda, difusi, ventilasi, ambilan oksigen dan semua parameter faal paru akan turun sesuai dengan pertambahan umur. Hal

ini akan menyebabkan penurunan faal paru.³⁵

Tidak didapatkan korelasi antara derajat merokok dengan perubahan faal paru hal ini sedikit bertentangan dengan kepustakaan lain yang menyatakan merokok akan menurunkan faal paru. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh pajanan asap rokok yang belum cukup lama untuk menimbulkan kelainan paru pada kedua kelompok yang bisa kita lihat dari derajat indeks *Brinkman* kedua kelompok yang menunjukkan rata-rata untuk kontrol $71,91 \pm 96,63$ dan untuk penyelam $113,11 \pm 114,28$ dengan $p=0,069$

Terdapat korelasi antara IMT dengan nilai FEF_{75} dengan nilai $r=0,231$, korelasi ini berhubungan dengan semakin besar IMT khususnya berat badan akan menyebabkan penurunan faal parunya. Botai dkk.³⁶ pada penelitiannya menyimpulkan bertambahnya berat badan akan berpengaruh terhadap faal paru. Jones dkk.³⁷ mendapatkan peningkatan nilai IMT akan menyebabkan penurunan KV, kapasitas paru total (KPT), kapasitas residu fungsional (KRF) dan volume cadangan ekspirasi (VCE). Korelasi antara latihan perbulan dengan KV dengan nilai $r=0,233$, KVP $r=0,209$, VEP_1 $r=0,313$ dan APE $r=0,260$ dan korelasi antara VO_2 maks dengan nilai KVP dengan $r=0,246$ dan VEP_1 dengan $r=0,211$. Hal ini berhubungan dengan latihan fisis yang dilakukan secara teratur akan meningkatkan kesegaran dan meningkatkan ketahanan fisis yang optimal dengan meningkatkan kekuatan otot pernapasan sehingga bekerja efisien, otot pernapasan dan organ paru akan memberikan respons dan beradaptasi terhadap latihan fisis yang dipengaruhi jenis, intensitas, durasi dan frekuensi latihan.^{20,38}

AMBILAN OKSIGEN MAKSIMAL

Perbedaan nilai VO_2 maks antara kelompok umur terlihat pada kelompok umur 30-39 tahun dan 40-49 tahun sedangkan tidak didapatkan perbedaan bermakna pada kelompok umur 20-29 tahun. Ambilan oksigen maksimal mencapai puncak pada umur 18 sampai 30 tahun sehingga tidak ditemukan perbedaan bermakna pada kelompok umur 20-29 tahun karena nilai yang hampir sama diantara kontrol dan penyelam. Nilai VO_2 maks mulai turun secara perlahan setelah umur 25 tahun sebesar 0,5 ml/kg/menit pertahun bila seseorang tidak melakukan latihan yang teratur nilainya akan turun curam. Bila latihan dilakukan dengan teratur nilainya akan dapat bertahan lama.

Ambilan oksigen maksimal secara fisiologis dapat dicapai dengan meningkatkan denyut jantung, *stroke volume* dan perbedaan konsentrasi O_2 arteri

dan vena. Ambilan oksigen maksimal adalah hasil dari ketiga komponen ini. *Stroke volume* adalah volume darah yang dipompakan keluar jantung di setiap denyut jantung. Perbedaan konsentrasi O_2 arteri dan vena dihitung dengan mengukur kadar O_2 yang dipakai oleh otot.^{39,40}

Penurunan denyut jantung maksimum juga terjadi dengan penambahan umur dan hal ini akan berpengaruh terhadap penurunan VO_2 maks namun penurunan dapat dikurangi bila olahraga aerobik tetap dilakukan.^{20,39} Orang terlatih akan memiliki nilai VO_2 maks 2 kali lebih besar daripada populasi orang yang tidak terlatih. Penyelam adalah salah satu contoh orang yang terlatih sehingga tetap didapatkan nilai VO_2 maks yang tinggi walaupun penyelam tersebut berada pada usia 30-50 tahun. Gambar 5 memperlihatkan penurunan nilai VO_2 maks lebih curam pada kelompok kontrol dibandingkan penyelam yang berhubungan dengan umur hal ini disebabkan pada kelompok penyelam rutin melakukan latihan, sehingga walaupun terjadi penambahan umur penurunan nilai VO_2 maksnya tidak akan sebesar pada kelompok kontrol.

Uji korelasi nilai VO_2 maks dengan umur, IMT dan jumlah latihan adalah dengan bertambahnya umur dan IMT akan terjadi penurunan VO_2 maks sedangkan latihan akan meningkatkan nilai VO_2 maks. Penurunan fungsi paru berhubungan dengan penurunan kekuatan otot pernapasan dan penurunan elastisitas jaringan paru. Kelelahan dini dan peningkatan kapasitas dapat disebabkan oleh penurunan elastisitas paru yang menyebabkan peningkatan kerja otot pernapasan. Daya tahan kardiorespirasi akan turun bila seseorang beristirahat selama 3 minggu di tempat tidur. Latihan aerobik yang dilakukan selama 8 minggu akan meningkatkan daya tahan kardiorespirasi sebesar 62%. Jenis latihan juga akan mempengaruhi daya tahan kardiorespirasinya.³⁹

Konsumsi O_2 juga akan meningkat seiring peningkatan kerja otot.^{38,41} konsumsi O_2 dan ventilasi paru total meningkat sekitar 20 kali antara istirahat dan latihan dan akan sangat meningkat pada atlet yang terlatih dengan baik. Latihan fisis akan meningkatkan kapasitas otot angka untuk memecah glikogen untuk menghasilkan energi. Kemampuan otot untuk membangkitkan energi secara aerobik sampai optimal akan meningkatkan kemampuan ambilan oksigen maksimalnya. Latihan dapat meningkatkan VO_2 maks orang normal sebesar 20-30%.^{19,20}

Hiroi dkk.⁴² mendapatkan terdapat hubungan yang bermakna antara pekerjaan dengan peningkatan VO_2 maks. Park dkk.⁴³ mendapatkan

pada penelitiannya terdapat korelasi antara latihan dengan peningkatan nilai VO_2 maks dan nilai ini akan turun dengan penambahan umur, peningkatan IMT, peningkatan nilai kolesterol dan kenaikan tekanan sistolik.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan desain potong lintang analitik. Sehingga hasil yang didapatkan hanya menggambarkan keadaan sesaat dan tidak menggambarkan efek penyelaman terhadap perjalanan faal paru dan ambilan oksigen maksimal pada penyelam. Penelitian ini hanya menggunakan subjek penelitian laki-laki sehat penyelam dan bukan penyelam hal ini terjadi karena sangat sulit mendapatkan subjek perempuan yang sesuai untuk penelitian disamping jumlah perempuan yang ikut olahraga penyelaman masih sedikit sehingga kita tidak mendapatkan data dasar untuk perempuan dalam hal faal paru dan ambilan oksigen maksimalnya. Keterbatasan lain adalah tempat penelitian yang cukup sulit untuk didatangi yang menyebabkan dibutuhkan waktu cukup lama untuk mengumpulkan data

KESIMPULAN

Setelah melakukan pemeriksaan faal paru dan ambilan oksigen maksimal maka dapat disimpulkan:

1. Rerata faal paru pada penyelam laki-laki lebih besar dibanding laki-laki bukan penyelam dengan nilai $p < 0,05$.
2. Rerata ambilan oksigen maksimal pada laki-laki penyelam lebih besar dibanding laki-laki bukan penyelam dengan nilai $p < 0,05$.
3. Tidak ada korelasi antara faal paru dengan ambilan oksigen maksimal.
4. Semakin tua umur dan semakin besar indeks massa tubuh akan semakin turun nilai ambilan oksigen maksimal.
5. latihan yang teratur akan meningkatkan ambilan oksigen maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Farrel P, Godden D, Curie G, Denison D, Ross J, Stephenson R, et al. British thoracic society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax* 2003;58:3-13.
2. Tetzlaff K, Theysohn J, Stahl C, Schlegel S, Koch A, Muth CM. Decline of FEV_1 in scuba divers. *Chest* 2006;130:238-43.
3. Adriano B, Sitepu BI, Kartarahardja S, Sutjiadi RH. Buku petunjuk *one star scuba diver* CMAS

Indonesia. Dewan Instruktur Selam Indonesia 2005.

4. Glen S, White S, Douglas J. Medical supervision of sport diving in Scotland: reassessing the need for routine medical examination. *Br J Sports Med* 2000;34:375-8.
5. Boussuges A, Blanc F, Carturan D. Hemodynamic changes induced by recreational scuba diving. *Chest* 2006;129:1337-43.
6. Sherwood L, The respiratory system. In: Sherwood L, editor. *Textbook of medical physiology*. 5th ed. Beldmont: Wadsworth Publishing. 1996. p.448-50.
7. Wilmshurst P. Diving and oxygen. *BMJ* 1998;317:996-9.
8. Tetzlaff K, Friege L, Reuter M, Haber J, Mutzbauer T, Neubauer B. Expiratory flow limitation in compressed air divers and oxygen divers. *Eur Respir J* 1998;12:895-9.
9. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. *Occup Environ Med* 2000;57:390-5.
10. Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *J Appl Physiol* 1979;46:639-45.
11. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years among professional divers. *Occup Environ Med* 2002;59:629-33.
12. Adir Y, Shupak A, Laor A, Ravell DW. Large lung in divers: natural selection or a training effect? *Chest* 2005;128:224-8.
13. Davey IS, Cotes JE, Reed JW. Relationship of ventilatory capacity to hyperbaric exposure in divers. *J Appl Physiol* 1984;56:1655-8.
14. Campbell ES. Long term effects of diving. *Medscape Orthopaedics & Sports Med eJournal* 2(5) 1998.
15. Thorsen E, Segadal K, Reed JW, Elliot C, Gulsvik A, Hjelte JO. Contribution of hyperoxia to reduced pulmonary function after deep saturation dives. *J Appl Physiol* 1993;75:657-62.
16. Thorsen E, Segadal K, Kambestad BK. Mechanisms of reduced pulmonary function after a saturation dive. *Eur Respir J* 1994;7:4-10.
17. Suzuki S. Diver's lung function : Influence of smoking habit. *J Occup Health* 1997;39:95-9.
18. Casabury R. Principle of exercise training. *Chest* 1992; 101:263-7.
19. Brian JE. Breathing, aerobic conditioning and gas consumption. [cited december 12 2006]. Available from URL. <http://www.gue.com/research/>.
20. Mac B. Sport coach: VO_2 max. [cited March 7 2006]. Available from URL. <http://www.brianmac.demon.co.uk>

21. Jackson AS, Ross RM. Understanding exercise for health and fitness. 3rd ed. Texas: The tiger study, 2005. p.1-97
22. Sport Fitness Advisor. Vo₂max, aerobic power and maximal oxygen uptake. [cited March 7 2006]. Available from URL. <http://www.sportfitnessadvisor.com/>.
23. Adriskanda B. Perbandingan ukuran kapasitas difusi paru antara orang terlatih dan tidak terlatih. Tesis PPDS I Program Ilmu Kedokteran Olahraga FKUI, Jakarta 1994
24. Wilmore HJ, Costill DL. Cardiorespiratory function and performance. In: Costill DL, editor. Physiology of sport and exercise. Aucland: Human kinetics; 1994.p.163-237.
25. Guyton AC. Exercise physiology. In: Guyton AC, editor. Textbook of medical physiology 8th ed. Phyladelphia: WB Saunders; 1991.p.402-13
26. Lazlo G. Exercise testing. In: Pulmonary function a guide for clinicians. New York: Cambrige University Press; 1994. p,194-9.
27. Levitzky MG. Exercise and respiratory under stress. In: Barry BK, White JL, editors. Pulmonary physiology 2nd ed. America: Mc Graw-Hill Book Company; 1986.p.211-6.
28. Cooper CB, Storer TW. Response variables. In: Cooper CB, Storer TW, editors. Exercise testing and interpretation 1st ed. Cambrige: University Press; 2001.p.93-148.
29. Cochran LM, Clark CJ. Benefits and problems of a physical training program for asthmatic patients. Thorax 1990;45:345-51.
30. Weiner P, Yanai NB, Davidovich A, Magadle R, Weiner M. Specific inspiratory muscle training in patients with mild asthma with high consumption of inhaled β_2 -agonist. Chest 2000; 117:722-7
31. Beastley R, Cushley M, Holgate ST. A self management in the treatment of adult asthma. Thorax 1989;44:200-4.
32. Yunus F, Jusuf A, Fachrurodji H, Wiyono WH, Anwar J. Pengaruh senam asma Indonesia terhadap penyandang asma. J Respir Indo 2002; 22:118-24.
33. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gusvik A. Diver's lung function: small airways disease?. Br J Ind Med 1990;47:519-23.
34. Tezlaff K, Theysohn J, Sthal C, Schlegel S, Koch A, Muth CM. Decline of FEV₁ in scuba divers. Chest 2007; 130: 238-43.
35. Byars A, Greenwood M, Greenwood L, Simpson W. The effect of alternating steady state walking technique on estimated Vo₂max values of the rockport fitness walking test in college students. J Exercise Physiol 2003;6:21-25.
36. Bottai M, Pede FD, Carrozzi L, Matteel G, Pistelli F, Scognamiglio A. Longitudinal changes of body mass index, spirometry and diffusion in a general population. Eur Respir J 2002; 20:665-73.
37. Jones RL, Magdalene M, Nzekwu U. The effects of body mass index on lung volumes. Chest 2006; 130:827-33.
38. Yunus F. Faal paru dan olahraga. J Respir Indo 1997; 17:100-5.
39. Wiyono WH, Yunus F. Pengukuran ambilan oksigen maksimal (Vo₂maks) dalam penilaian tingkat kesegaran jasmani. Paru 1989;9:27-32.
40. BBC Homepage. Vo₂max - a Measure of Athletic Fitness. [cited March 7 2007]. Available from URL. <http://www.BBChomepage.mht.com/>.
41. Hiroi T, Kusaka Y, Suganuma N, Seo A, Tobita Y. Physical work load affects the maximum oxygen uptake. Industrial Health 2006;44:250-7
42. Park JH, Hwang SW, Kim JS, Kim KN, Cho BL. Changes of Co₂max according to sex, age and related factors in korean adult. J Korean Acad Fam Med 2003; 24:556-64.
43. Yunus F. Pengaruh olahraga terhadap pernapasan. MDK 1990;9:43-4.

ADS

