

Lung Function in Traditional Breath-Hold Diving Fishermen at Impos Beach, Medana District, North Lombok, West Nusa Tenggara

Ida Ayu Eka Widiastuti^{1*}, Yoga Pamungkas Susani¹, Wahyu Sulistya Affarah¹,
E. Hagni Wardoyo¹, Basuki Rahmat², Wawan Haryanto³

¹Program Studi Pendidikan Dokter Spesialis Kedokteran Kelautan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

²Departemen Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

³Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Article History

Received: January 20th, 2024

Revised : February 10th, 2024

Accepted : March 17th, 2024

*Corresponding Author:

Ida Ayu Eka Widiastuti,
Program Studi Pendidikan
Dokter Spesialis Kedokteran
Kelautan Fakultas
Kedokteran dan Ilmu
Kesehatan Universitas
Mataram, Mataram,
Indonesia

Email: ayueka@unram.ac.id

Abstract: West Nusa Tenggara is an archipelago province with a high potential for marine resources and fisheries, allowing many inhabitants to make a living as fishermen. Some fishermen obtain their livelihood by diving with minimal or inadequate diving equipment. They are known as traditional diver fishermen. Various health risks can be experienced by them, including respiratory system health. This research aims to determine the lung function, including Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV1), and the FEV1/FVC ratio in traditional diver fishermen who dive using the breath-hold diving technique, as well as the characteristics of their diving activities. This research is a cross-sectional study with samples obtained through consecutive sampling techniques. The research subjects comprised 23 traditional diver fishermen in Impos Beach, Medana Sub-district, North Lombok District. A descriptive analysis was conducted on the data obtained. The research results showed that the average values of FVC and FEV1 were 3.27 L/minute and 3.004 L/minute, respectively, while the FEV1/FVC ratio obtained was 91.86%. On average, they dive 4.26 times per week, and all of them perform pressure equalization maneuvers to prevent barotrauma. Before diving, 12 subjects (52.17%) performed warm-up exercises, including stretching. After diving, none of the subjects take a hot shower, get a massage, or engage in strenuous activities. The lung function of the research subjects was normal, and they have taken preventive measures to avoid diving-related illnesses.

Keywords: breath-hold diving, lung function, FVC (Forced Vital Capacity), FEV1 (Forced Expiratory Volume in 1 second), traditional diver fishermen.

Pendahuluan

Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan provinsi yang memiliki potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang tinggi, sehingga mata pencaharian sebagai nelayan merupakan mata pencaharian yang utama bagi penduduk di daerah pesisir NTB. Berdasarkan data dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi NTB tahun 2017, jumlah nelayan di NTB adalah 68.432 orang (KKP, 2018). Sebagian dari nelayan tersebut mencari hasil laut dengan cara menyelam dengan menggunakan peralatan sederhana, dikenal sebagai nelayan penyelam tradisional. Belum ada data pasti jumlah nelayan

penyelam tradisional di Indonesia maupun NTB. Salah satu teknik menyelam yang dilakukan oleh para nelayan penyelam tradisional ini adalah dengan menahan napas (*breath hold diving*). Penyelaman tahan napas (*breath hold*) memaparkan tubuh pada perendaman atau imersi dan peningkatan tekanan hidrostatis. Paparan ini dibatasi oleh durasi menahan napas. Pada saat menyelam dengan menahan napas, akan terjadi perubahan fungsi organ yang diakibatkan oleh perubahan tekanan hidrostatis. Apabila paparan terjadi terus menerus akan menimbulkan kondisi adaptasi, termasuk adaptasi pada sistem respirasi, antara lain peningkatan tekanan inspirasi maksimal, dan toleransi terhadap peningkatan

karbondioksida (CO₂) (Luluhima, Oetama, and Mainase, 2019). Menyelam dengan teknik tahan napas (*breath hold*) menyebabkan adaptasi positif, yaitu terjadinya peningkatan volume paru (Diniz, et al., 2014).

Bahan dan Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional dengan menggunakan desain penelitian potong lintang (*cross sectional*). Data yang diambil adalah hasil pemeriksaan uji fungsi faal paru, yang meliputi: nilai FVC, FEV₁, dan rasio FEV₁/FVC) para nelayan penyelam tradisional yang menggunakan teknik menyelam tahan napas (*breath-hold diving*) melalui pemeriksaan spirometri dengan spirometer digital.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah para nelayan penyelam tradisional yang menggunakan teknik menyelam tahan napas (*breath-hold diving*) yang melakukan aktivitas menyelam di Pantai Impos Kecamatan Medana Lombok Utara, Subjek berjumlah 23 orang yang ditetapkan dengan menggunakan teknik *consecutive sampling*.

Dilakukan analisis deskriptif terhadap karakteristik subjek, yang meliputi: usia, tinggi badan, berat badan, indeks massa tubuh, dan hasil pemeriksaan spirometri, demikian pula terhadap karakteristik penyelaman, meliputi: lama melakukan pekerjaan sebagai nelayan penyelam tradisional, kedalaman menyelam, penggunaan alat bantu penyelaman, frekuensi menyelam dalam seminggu, aktivitas fisik sebelum menyelam dan kebiasaan setelah menyelam (mandi air hangat, pijat badan, dan aktivitas fisik berat).

Waktu dan Tempat

Pengambilan data penelitian dilakukan di Pantai Impos Kecamatan Medana Kabupaten Lombok Utara. Waktu pelaksanaan adalah pada Bulan Agustus Tahun 2023.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

1. Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik subjek meliputi: umur, tinggi badan, berat badan, indeks massa tubuh, Data deskriptif karakteristik subjek penelitian tersaji pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik Subjek	Rerata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Umur (th)	32,91	7,9	18	49
TB (cm)	164,2	5,01	157	176
BB (kg)	59,63	9,18	43,90	76,75
IMT (kg/m ²)	22,11	3,24	16,56	29,07
Nilai FVC (L/menit)	3,27	0,75	1,34	4,56
Nilai FEV ₁ (L/menit)	3,004	0,67	1,34	4,12
Rasio FEV ₁ /FVC (%)	91,86	9,85	70,52	100

Berdasarkan data pada Tabel 1 di atas, maka rerata umur subjek adalah 32,91, merupakan usia yang termasuk ke dalam kelompok usia produktif, menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan termasuk dalam kategori dewasa muda (*young adults*) menurut WHO (2023). Indeks massa tubuh sebagai salah satu indikator untuk menilai status gizi menunjukkan rerata 22, 11 kg/m², dengan demikian termasuk ke dalam kategori gizi baik. Rerata nilai FVC (3,27 L/menit), FEV₁ (3,004

L/menit), dan rasio FEV₁/FVC sebesar 91,86% menunjukkan hasil uji fungsi paru yang normal/baik.

2. Kategori Indeks Massa Tubuh Subjek

Pangategorian IMT subjek penelitian dilakukan dengan menggunakan kriteria WHO Asia (*WHO – Asia BMI Classification*), sesuai dengan karakteristik subjek yang termasuk dalam orang Asia. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk persentase, seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Distribusi Kategori IMT Subjek Penelitian

Kategori IMT	Jumlah (N)	Persentase (%)
Berat Badan Kurang	3	13,04
Berat Badan Normal	11	47,83
Berat Badan Lebih	5	21,74
Obes	4	17,39
Total	23	100

Berdasarkan tabel 2 di atas, maka sebagian besar atau hampir setengah jumlah subjek penelitian memiliki indeks massa tubuh dalam kategori berat badan normal (47,83%)

Untuk mengetahui karakteristik penyelaman yang dilakukan oleh subjek penelitian, maka Peneliti memberikan beberapa pertanyaan yang terangkum dalam tabel 3 berikut.

3. Karakteristik Penyelaman Subjek Penelitian

Tabel 3. Karakteristik Penyelaman Subjek Penelitian

Karakteristik Penyelaman	Hasil Wawancara Subjek Penelitian
Lama sebagai penyelam tradisional	Rerata 6,54 tahun
Kedalaman menyelam	Subjek tidak dapat menyebutkan dengan pasti kedalaman penyelaman, namun diperkirakan antara 10-30 meter
Penggunaan alat bantu penyelaman	Seluruh subjek menggunakan alat bantu penyelaman sederhana, seperti: masker, fins, snorkel, wetsuit, sabuk pemberat, dan senter
Frekuensi menyelam/minggu	Rerata 4,26 kali/minggu
Manuver ekualisasi tekanan	Semua melakukan manuver ekualisasi perubahan tekanan (teknik <i>Valsava</i> atau <i>Toynbee</i>)
Persiapan fisik sebelum menyelam	12 orang (52,17%) melakukan pemasangan berupa peregangan (<i>stretching</i>), selama lebih kurang 2-5 menit, sedangkan sisanya (47,83%) tidak
Mandi air hangat setelah menyelam	Tidak ada yang mandi air hangat setelah aktivitas menyelam
Pijat / <i>massage</i> setelah menyelam	Tidak ada yang melakukan pijat/ <i>massage</i> badan setelah aktivitas menyelam
Aktivitas berat setelah menyelam	Tidak ada yang melakukan aktivitas berat setelah aktivitas menyelam
Keluhan setelah menyelam	Hanya 3 orang (13,04%) yang tidak pernah mengalami keluhan terkait kesehatan, sedangkan sisanya yaitu 20 orang (86,95%) pernah mengalami gangguan kesehatan, dengan keluhan bervariasi, yaitu: telinga berdenging, pegal-pegal, kesemutan, sakit kepala, kram pada anggota gerak bawah
Memeriksa diri ke fasilitas kesehatan akibat keluhan pasca menyelam	Hanya 2 orang (8,69%) yang ke Puskesmas terdekat setelah mengalami keluhan yang dirasakan pasca menyelam, sedangkan sisanya 21 orang (91,3%) tidak memeriksa diri ke fasilitas kesehatan dan mengatakan bahwa keluhan akan hilang/berkurang dengan istirahat cukup

Pembahasan

Penelitian ini melibatkan 23 subjek yang merupakan nelayan penyelam tradisional yang melakukan pekerjaannya di Pantai Impos dan sekitarnya yang berlokasi di Kecamatan Medana Kabupaten Lombok Utara. Subjek penelitian berada pada kelompok usia produktif, dengan rerata 32,91 tahun. Status gizi yang baik, dengan

rerata indeks massa tubuh 22,11 kg/m² mendukung aktivitas para nelayan penyelam tradisional karena aktivitas menyelam membutuhkan kondisi fisik dan status nutrisi yang baik. Menyelam merupakan kegiatan yang termasuk aktivitas fisik yang membutuhkan energi yang tidak sedikit. Menyelam dengan teknik menahan napas (*breath hold diving*),

termasuk dalam kategori aktivitas dengan intensitas berat (*vigorous intensity activities*) dengan jumlah METs (*Metabolic Equivalent Tasks*) ≥ 6 , yaitu 12 METs. METs menggambarkan jumlah energi yang digunakan yang dihitung berdasarkan intensitas aktivitas yang dilakukan (Ainsworth, *et al.*, 2000).

Subjek penelitian rata-rata telah melakukan aktivitas menyelam selama 6,54 tahun. Sebagian dari subjek mengatakan bahwa menyelam dengan tujuan untuk menangkap ikan dan produk laut lainnya sebagai mata pencaharian utama mengingat mereka bertempat tinggal di daerah pesisir/pantai, sementara sebagian kecil lainnya sebagai mata pencaharian sampingan. Dalam 1 minggu subjek melakukan kegiatan menyelam rata-rata 4,26 kali. Penyelaman dilakukan pada malam hari hingga dini hari, sekitar jam 19.00 hingga 03.00. Frekuensi ini termasuk sering. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Martinus, Hadisaputro dan Munasik (2020), frekuensi penyelaman yang bisa ditoleransi tubuh adalah kurang dari 4 kali dalam seminggu. Penyelaman yang dilakukan ≥ 4 kali seminggu terbukti menyebabkan barotrauma telinga tengah, yaitu cedera pada telinga bagian tengah yang disebabkan peningkatan tekanan yang terjadi saat seseorang berada lebih rendah dari permukaan laut. Semakin banyak frekuensi menyelam, maka risiko barotrauma juga meningkat. Di samping itu, penelitian yang dilakukan oleh Maharja dan Ikhsan (2023) menunjukkan bahwa mayoritas responden yang memiliki frekuensi menyelam > 4 kali termasuk dalam penyelaman risiko tinggi karena akan memicu terjadinya penyakit dekompresi (DCS), yaitu penyakit yang menyerang berbagai sistem organ akibat adanya pembentukan gelembung gas (umumnya nitrogen atau helium yang digunakan dalam penyelaman gas campuran) dalam darah dan jaringan selama atau setelah terjadi penurunan tekanan lingkungan (Cooper dan Hanson, 2022; Savioli *et al.*, 2022).

Kedalaman penyelaman merupakan salah satu faktor risiko yang perlu diperhatikan untuk menjamin penyelaman yang aman. Kedalaman penyelaman merupakan jarak yang diukur dari permukaan air laut hingga titik terdalam saat melakukan penyelaman (Poerbandono *et al.*, 2021). Kedalaman berkaitan dengan tekanan laut. Setiap 10 meter turun ke dalam laut akan

menyebabkan peningkatan tekanan sejumlah 1 atm (Atrie *et al.*, 2016). Kedalaman maksimum yang direkomendasikan untuk menyelam adalah 130 kaki atau sekitar 40 m (NOAA, 2017b). Kedalaman maksimum ini bisa ditoleransi tubuh jika hanya dilakukan sesekali dan disertai dengan peralatan lengkap namun jika frekuensinya sering akan berbahaya bagi tubuh. Pengaruh penting dari kedalaman adalah gas yang masuk ke dalam tubuh menjadi dimampatkan dalam volume yang semakin kecil. Semakin dalam penyelaman, maka ruang di dalam tubuh akan semakin berkurang termasuk pada telinga, paru-paru, sinus, dan lain-lain (Rahmadayanti, Budiyo and Yusniar, 2017). Peningkatan kedalaman juga akan menyebabkan penyempitan pada tuba Eustachius sehingga terjadi kegagalan ketika akan terbuka. Tuba Eustachius yang tersumbat akan menyebabkan perbedaan tekanan udara di dalam telinga tengah dengan tekanan udara di luar membran timpani sehingga terjadi barotrauma (Navisah, Maru'fi and Sujoso, 2016).

Seseorang yang masuk ke dalam air akan mendapatkan penambahan tekanan. Setiap 10 meter turun ke dalam laut akan menyebabkan peningkatan tekanan sejumlah 1 atm (Atrie *et al.*, 2016). Hal ini sesuai dengan Hukum Boyle yang menyatakan bahwa peningkatan tekanan ambien akan menghasilkan penurunan proporsional volume gas di ruang atau ventilasi tubuh yang mengandung udara (Rahmat, Yasa and Yuliyani, 2022). Adanya penambahan tekanan ini mengharuskan penyelam melakukan maneuver tertentu untuk menyamakan tekanan di sekitar dengan tekanan di telinga tengah. Apabila proses pemerataan tekanan ini gagal, maka akan menyebabkan terjadinya tekanan negatif pada ruang telinga tengah. Hal ini akan meningkatkan aliran darah melalui pembuluh darah subkutan di saluran telinga luar (*External Auditory Canal*), membran timpani, tuba Eustachius, dan telinga tengah sehingga menyebabkan pembengkakan vaskular (Sumandari, 2022). Kerusakan jaringan dapat terjadi sebagai akibat ekspansi atau gaya tekan dan geseran sehingga terjadi peregangan berlebihan pada jaringan (Savioli *et al.*, 2022). Sebagai tindakan preventif untuk mencegah terjadinya barotrauma pada penyelaman adalah dengan melakukan maneuver tertentu untuk menyeimbangkan tekanan antara telinga tengah dan lingkungan eksternal. Para subjek penelitian

seluruhnya telah memahami pentingnya maneuver ekualisasi tekanan ini. Mereka melakukan maneuver *Valsava* atau *Toynbee*. Teknik *Valsava* dilakukan dengan cara mengembuskan napas dengan kekuatan sedang terhadap jalan napas yang tertutup, yang biasanya dilakukan dengan menutup mulut dan hidung sambil mengeluarkan udara seperti ketika meniup balon (Wolber *et al.*, 2022). Manuver *Valsava* mampu mengalirkan udara dalam jumlah yang lebih besar karena tertutupnya lubang hidung menyebabkan udara mengalir dan memberikan tekanan ke segala arah salah satunya ke dalam tuba Eustachius hingga memasuki ruang telinga tengah (Arbanto, Putra and Ardha, 2018). Teknik *Toynbee* dilakukan dengan cara melakukan gerakan menelan ludah sambil hidung tertutup (Hidir *et al.*, 2011). Gerakan menelan ini harus dilakukan secara berulang agar bisa berhasil menyeimbangkan tekanan sehingga cukup sulit dan kebanyakan penyelam gagal melakukannya (Arbanto, Putra and Ardha, 2018).

Sebelum menyelam, sebagian dari subjek, yaitu 12 orang (57, 17%) melakukan pemanasan berupa peregangan/*stretching*. Kekuatan dan kapasitas aerobik yang memadai sangat diperlukan untuk menghadapi hal-hal yang terjadi dan dapat terjadi pada saat menyelam. Pada saat menyelam, berbagai hal dapat menjadi stresor, antara lain: peralatan yang membatasi secara fisik, efek perendaman dalam air, resistensi pernapasan, stres termal, kondisi air, pengaturan daya apung, resistensi air, dan stres psikologis, sehingga kapasitas aerobik yang memadai mutlak diperlukan (Pollock, 2007). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Dujic, *et al.* (2004) menyimpulkan bahwa latihan berat yang dilakukan 24 jam sebelum menyelam pada kedalaman hingga 18 meter dapat menurunkan jumlah pembentukan gelembung gas di arteri pulmoner.

Aktivitas setelah menyelam menjadi hal yang perlu diperhatikan. Beberapa aktivitas setelah melakukan penyelaman, seperti mandi air hangat, pijat, dan melakukan aktivitas fisik yang berat perlu dihindari oleh penyelam. Faktor risiko mandi air hangat setelah menyelam belum pernah diteliti sebelumnya. Mandi air hangat dicurigai menyebabkan gelembung gas yang 61 terbentuk menjadi semakin besar (Eichhorn dan Leyk, 2015). Paparan suhu tinggi akibat mandi

dengan air hangat mengaktifkan mekanisme termoregulasi di dalam tubuh. Sistem kardiovaskular akan terkena stres termal yang menyebabkan vasodilatasi pada pembuluh darah, meningkatkan perfusi, dan merangsang keluarnya keringat, dan peningkatan curah jantung sekitar 70% (Podstawski *et al.*, 2021). Curah jantung akan berpengaruh pada distribusi aliran darah ke berbagai jaringan dan penyerapan gas inert. Jika curah jantung menurun, penyerapan gas inert juga akan menurun. Subjek pada penelitian ini tidak ada yang mandi air hangat, melakukan pemijatan, dan beraktivitas berat pasca menyelam.

Pemijatan dicurigai dapat menyebabkan terjadinya pergeseran gelembung nitrogen ke aliran limfatik dan intravasa (Wardoyo *et al.*, 2022). Pemijatan dapat menyebabkan peningkatan aliran darah dan limfatik (Mori *et al.*, 2004). Jika aliran darah meningkat, gelembung gas yang ada di dalam tubuh akan lebih mudah bersirkulasi sehingga akan meningkatkan kemungkinan munculnya gejala DCS (Joiner, 2001). Suatu penelitian yang dilakukan oleh Tochikubo, Ri, dan Kura (2006) mengenai efek pemijatan pada ekstremitas inferior terhadap aliran darah perifer dan saraf otonom mendapatkan data bahwa pemijatan tersebut secara signifikan dapat meningkatkan aliran darah perifer ekstremitas inferior yang kemudian memengaruhi aliran balik vena. Hal ini mungkin akan berdampak positif terhadap gelembung yang bersirkulasi karena aliran balik vena dapat membantu transportasi gelembung gas untuk dilepaskan ke paru-paru (Nurfantri, 2021). Pemijatan juga dapat menimbulkan efek negatif berupa nyeri yang semakin parah, mual, dan rasa tidak nyaman (Crawford *et al.*, 2016). Efek negatif tersebut juga merupakan gejala DCS sehingga jika hal tersebut terjadi dapat menyebabkan gejala DCS menjadi sulit untuk diidentifikasi.

Aktivitas fisik berat pasca menyelam seabiknya dihindari. Walaupun belum ada penelitian spesifik terkait pengaruh aktivitas fisik pasca menyelam terhadap gangguan kesehatan tertentu, namun pada penyelam SCUBA dari penelitian Madden *et al.* (2013) didapatkan kesimpulan bahwa dari total 23 orang, 3 diantaranya mengalami *Arterial Gas Embolism* (AGE) selama istirahat, 12 orang mengalami AGE setelah melakukan olahraga, dan 8 orang

tidak mengalami AGE bahkan setelah melakukan olahraga maksimal. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa olahraga setelah penyelaman akan meningkatkan kejadian AGE dari 13% saat istirahat menjadi 52%. Selain itu, disebutkan juga terdapat jalur anastomosis arteri-vena intrapulmoner yang memungkinkan berpindahnya darah melewati mikrosirkulasi paru-paru. Jalur ini akan terbuka pada saat olahraga. Hal ini memungkinkan terjadinya perpindahan gelembung gas melalui arteri-vena sehingga memicu terjadinya emboli gas pada arteri-vena (Madden et al., 2013). Eichhorn and Leyk (2015) menyebutkan bahwa sebaiknya penyelam tidak melakukan aktivitas berat 2 jam pertama setelah menyelam karena dapat membuka paten foramen ovale 62 persen akibat perbedaan tekanan jantung. Jalur paten foramen ovale yang terbuka memungkinkan gelembung mengalami shunt. Jika gelembung terakumulasi kemudian melewati paru-paru dan terdorong ke sirkulasi sistemik, akan menyebabkan terblokirnya arteri karotid yang kemudian menimbulkan AGE. Gelembung tersebut juga dapat bersirkulasi ke berbagai bagian tubuh sehingga menimbulkan gejala DCS (Joiner, 2001).

Berdasarkan hasil anamnesis dan wawancara yang dilakukan pada subjek penelitian, maka 20 orang (86,95%) subjek pernah mengalami gangguan kesehatan akibat menyelam, dengan keluhan yang bervariasi, antara lain: telinga berdenging, pegal-pegal pada badan dan anggota gerak, kesemutan dan kram pada anggota gerak, dan sakit kepala. Hanya 2 orang (8,69%) yang mendatangi Puskesmas terdekat untuk mendapatkan terapi, sedangkan sisanya sebanyak 21 orang, tidak melakukan pengobatan apapun, hanya istirahat yang cukup dan menganggap keluhan yang dirasakan tidak berbahaya dan akan hilang sendiri dengan istirahat.

Hasil uji faal paru dengan pemeriksaan spirometri, yang meliputi nilai FVC (*Forced Vital Capacity*), FEV₁ (*Forced Expiratory Volume in 1 second*), dan rasio FEV₁/FVC menunjukkan hasil yang normal, masing-masing dengan nilai 3,27 L/menit, 3,004 L/menit, dan 91,86%. Penelitian yang dilakukan di Brazil yang membandingkan fungsi faal paru antara nelayan penyelam *breath hold* dan *non breath hold*, mendapatkan hasil nilai FVC pada nelayan

penyelam *breath hold* adalah 4,9 (±0,61) L/menit lebih besar dibandingkan pada nelayan penyelam *non breath hold* yang sebesar 4,3 (±0,41) L/menit. Demikian pula dengan nilai FEV₁. Rerata nilai FEV₁ pada nelayan penyelam *breath hold* adalah 4,0 (±0,5) L/menit, lebih baik daripada *non breath hold* yang hanya 3,6 (±0,3) L/menit. Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kedua jenis pemeriksaan uji faal paru tersebut ($p < 0,05$) (Diniz, et al., 2011). Penelitian serupa yang dilakukan oleh Tetzlaff, et al. (2008) memperoleh hasil yang serupa, yaitu nilai kapasitas vital paru/*vital capacity* (VC) pada penyelam *breath hold* lebih besar dibandingkan dengan kelompok kontrol (bukan penyelam), yaitu masing-masing 6,85 L/menit dan 5,73 L/menit. Nilai FVC (*Forced Vital Capacity*) pada penyelam *breath hold* juga lebih baik dibandingkan kelompok kontrol, masing-masing 6,81 L/menit dan 5,71 L/menit. Hasil penelitian yang dilakukan di Ambon Maluku oleh Luluhima, Oetama, and Mainase (2019), yang membandingkan hasil uji faal paru antara nelayan penyelam tradisional dengan teknik *breath hold* dan *non breath hold* mendapatkan hasil yang sama dengan penelitian Diniz, et al. dan Tetzlaff, et al. Nilai VC pada nelayan penyelam tradisional *breath hold* lebih besar dibandingkan *non breath hold*, dengan nilai masing-masing 3,48 (±0,5) L/menit dan 3,01 (±0,63) L/menit, demikian juga nilai FVC lebih baik pada nelayan penyelam *breath hold* (2,19 ± 0,45) L/menit daripada *non breath hold* (1,84 ± 0,46) L/menit. Diperoleh perbedaan yang bermakna, baik untuk nilai VC ($p = 0,03$) dan nilai FVC ($p = 0,045$).

Selama menyelam, tekanan hidrostatis disalurkan ke gas-gas alveolar, sehingga kondisi hiperkapnik hiperoksia dipertahankan sepanjang sebagian besar penyelaman. Hipoksia hanya terjadi dalam beberapa meter terakhir sebelum muncul di permukaan, sehingga hanya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Sebaliknya, hiperkapnia dipertahankan sepanjang sebagian besar penyelaman sehingga membuat penyelam menahan dorongan untuk bernapas yang dipicu oleh rangsangan kemoreseptor sentral dan perifer. Paparan yang sering terhadap kadar CO₂ yang tinggi dapat menggeser ambang batas dan mengurangi sensitivitas kemoreseptor sentral, sehingga mengurangi dorongan untuk bernapas.

Sensitivitas terhadap CO₂ bisa menjadi faktor utama dalam durasi menahan napas (Ferretti *and* Costa, 2003).

Menyelam dengan teknik tahan napas (*breath hold*), menyebabkan adaptasi yang positif, yaitu terjadinya peningkatan volume paru. Peningkatan ini disebabkan karena meningkatnya jumlah alveoli akibat aktivitas berulang dan paparan terhadap lingkungan bawah air dengan tekanan yang tinggi. Di samping itu terjadinya peningkatan volume paru juga dikaitkan dengan peningkatan kerja otot-otot pernapasan akibat aktivitas menyelam (Diniz, *et al.*, 2014).

Kesimpulan

Hasil uji faal paru dengan pemeriksaan spirometri pada nelayan penyelam tradisional yang menyelam menggunakan teknik tahan napas (*breath hold diving*), yaitu FVC, FEV₁, dan rasio FEV₁/FVC adalah normal.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai dengan menggunakan sumber dana BLU Universitas Mataram tahun anggaran 2023. Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Universitas Mataram selaku penyandang dana penelitian, para nelayan penyelam tradisional di Pantai Impos Kecamatan Medana Kabupaten Lombok Utara, dan kepada dr. Wawan dari RSUD KLU sebagai komunikator sekaligus mediator antara Peneliti dan para nelayan penyelam tradisional.

Referensi

- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., *et al.* (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, DOI: 10.1097/00005768-200009001-00009.
- Arbanto, B., Putra, K. P. & Ardha, M. (2018) 'Perbedaan tingkat keberhasilan 3 metode ekualisasi pada penyelam terlatih di lingkungan air tawar', *Jurnal Keolahragaan*, 6(2), pp. 193–199. doi: <https://doi.org/10.21831/jk.v6i2.21560>.
- Atrie, U. Y. *et al.* (2016). Lama, kedalaman, dan frekuensi penyelaman terhadap kejadian barotrauma telinga pada nelayan penyelam tradisional', *Jurnal Keperawatan Silampari*, 6, pp. 1–23. Available at: <https://journal.ipm2kpe.or.id/index.php/JKS/article/view/5289>.
- Cooper, J. S. & Hanson, K. C. (2022) *Decompression Sickness*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537264/>.
- Crawford, C. *et al.* (2016). the impact of massage therapy on function in pain populations - a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials: part I, patients experiencing pain in the general population, *Pain Medicine (United States)*, 17(7), pp. 1353–1375. doi: 10.1093/pm/pnw099.
- Dahlan, M. S. (2010) *Besar Sampel dan cara Pengambilan Sampel dalam Penelitian Kedokteran dan Kesehatan Edisi 5 Seri Evidence Based Medicine 2*. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Lombok Barat (2017) *Buku Profil 2017*. Lombok Barat: Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Lombok Barat. Available at: <https://ppid.lombokbaratkab.go.id/fileppid/BukuProfil201707160214112018.pdf>.
- Diniz C M P, Farias T L, Pereira M C A, Pires C B R, Gonçalves L S L, Coertjens P C & Coertjens M. (2014). Chronic adaptations to lung function in breath-hold diving fishermen. *International J Occupational Medicine and Environmental Health*. 27(2) 216-233.
- Dujic, Z., Duplancic, D., Marinovic-Terzic, I., Bakovic, D., Ivancev, V., *et al.* (2004). Aerobic exercise before diving reduces venous gas bubble formation in humans, *Journal of Physiology*, Vol. 555, No. 3, pp. 637-642.
- Eichhorn, L. & Leyk, D. (2015). Diving medicine in clinical practice, *Deutsches 69 Arzteblatt International*, 112(9), pp. 147–158. doi: 10.3238/arztebl.2015.0147.
- Embuai, Y., Denny, H. M. & Setyaningsih, Y. (2019) 'Analisis Faktor Individu, Pekerjaan dan Perilaku K3 pada Kejadian

- Penyakit Dekompresi pada Nelayan Penyelam Tradisional di Ambon', *Jurnal Penelitian Kesehatan 'SUARA FORIKES' (Journal of Health Research 'Forikes Voice')*, 11(1), p. 6. doi: 10.33846/sf111102.
- Ferretti, G & Costa, M. (2003). Diversity in and adaptation to breath-hold diving in humans. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Vol. 136, pp. 205-213.
- Hidir, Y. et al. (2011). A comparative study on efficiency of middle ear pressure equalization techniques in healthy volunteers, *Auris Nasus Larynx*, 38(4), pp. 450–455. doi: 10.1016/j.anl.2010.11.014.
- Joiner, J. T. (2001). *NOAA Diving Manual: Diving for Science and Technology*. 4th edn. Seattle: National Oceanic and Atmospheric Administration. Available at: https://tecvault.t101.ro/NOAA_Diving_Manual.pdf.
- KKP (2018) 'Potensi Usaha dan Peluang Investasi Kelautan dan Perikanan Provinsi Nusa Tenggara Barat', *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 13(April), pp. 15–38.
- Lin Y C and Hong S K 2011 Handbook of Physiology-Environmental Physiology: Hyperbaria Breath-hold Diving Vol.2 (New York: Oxford University Press).
- Luluhima J, Oetama EC, & Mainase J. (2019). Comparison of lung function between breath-holding diving and non-breath-holding diving fishermen in Ambon City. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 339. doi:10.1088/1755-1315/339/1/012041
- Madden, D. et al. (2013) 'Exercise after SCUBA diving increases the incidence of arterial gas embolism', *Journal of Applied Physiology*, 115(5), pp. 716–722. doi: 10.1152/jappphysiol.00029.2013.
- Maharja, R. & Ikhsan, N. (2023). Factors associated with symptoms of decompressed, *Industrial Hygiene and Occupational Health*, 7(2), pp. 176–184. doi: <https://doi.org/10.21111/jihoh.v7i2.9827>.
- Martinus, I., Hadisaputro, S. & Munasik, M. (2019). Berbagai faktor yang berpengaruh terhadap barotrauma telinga tengah pada penyelam tradisional (studi di wilayah balaesang tanjung kabupaten donggala), *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 4(2), pp. 55–63. Available at: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jek/article/view/4685>.
- Mawafasyah, J. & Febriyanto, K. (2020) 'Hubungan Pelatihan dengan Kejadian Kecelakaan Kerja pada Penyelam Tradisional di Derawan', *Borneo Student Research*, 2(1), pp. 440–445.
- Mori, H. et al. (2004). Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise, *Med Sci Monit*, 10(5), pp. 173–178.
- Navisah, S. F., Maru'fi, I. & Sujoso, A. D. P. (2016). Faktor risiko barotrauma telinga pada nelayan penyelam di Dusun Watu Ulo Desa Sumberejo Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember, *Jurnal IKESMA*, 12(1), pp. 98–111. Available at: <http://jurnal.unej.ac.id/index.php/IKESMA/article/download/4821/3553>.
- NOAA (2017). *NOAA Diving Standards & Safety Manual*. Washington, D.C: NOAA. Available at: <https://www.oma.noaa.gov/find/media/documents/noaa-diving-standards-and-safety-manual-ndssm>.
- Nurfantri (2021). The effect of a combination between in-water recompression (IWR) and leg posterior massage toward neurotic symptom for those who suffer decompression, *Kendari Journal of Maritime and Holistic Nursing*, 01(02), pp. 29–32.
- Podstawski, R. et al. (2021). The effects of repeated thermal stress on the physiological parameters of young physically active men who regularly use the sauna: a multifactorial assessment, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21). doi: 10.3390/ijerph182111503.
- Poerbandono, P. et al. (2021) *Survei kedalaman nautika di perairan dangkal uraian teknis penentuan batas kolom air dan sedimen di wilayah pantai yang didominasi lapisan lumpur*. Bandung: ITB.
- Pollock, N. W. & Buteau, D. (2017). Updates in Decompression Illness, *Emergency Medicine Clinics of North America*, 35(2), pp. 301–319. doi:

- 10.1016/j.emc.2016.12.002.
- Rahmadayanti, Budiyo & Yusniar (2017). Faktor risiko gangguan akibat penyelaman pada penyelam tradisional di Karimun Jawa Jepara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(1), pp. 473–481. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>.
- Rahmat, D., Yasa, N. K. A. T. & Yuliyani, E. A. (2022). Barotrauma telinga tengah pada nelayan penyelam, *Lombok Medical Journal*, 1(2), pp. 131–134. doi: 10.29303/lmj.v1i2.1619.
- Savioli, G. *et al.* (2022). Dysbarism: an overview of an unusual medical emergency, *Medicina (Lithuania)*, 58(1). doi: 10.3390/medicina58010104.
- Skogstat M, Thorsen E, Haldorsen T, & Kjuus H. (2002). Lung function over six years among professional divers. *Occup Environ Med* 2002;59: 629–633.
- Skogstat M, Thorsen E, & Haldorsen T. (2000). Lung function over the first 3 years of a professional diving career. *Occup Environ Med* 2000;57:390–395.
- Sumandari, A. (2022) ‘Barotrauma telinga tengah (Middle Ear Barotrauma)’, *Jurnal Syntax Fusion*, 2(01), pp. 12–18. doi: 10.54543/fusion.v2i01.128.
- Tetzlaff, K & Thomas P.S., (2017). Short- and long-term effects of diving on pulmonary function. *Eur Respir Rev* 2017; 26: 160097. DOI: 10.1183/16000617.0097-2016.
- Tetzlaff, K., Scholz, T., Walterspacher, S., Muth, C.M., Metzger, J., *et al.* (2008). Characteristics of the respiratory mechanical and muscle function of competitive breath-hold divers. *Eur J Appl Physiol*, Vol. 103, pp. 469-475.
- Tochikubo, O., Ri, S. & Kura, N. (2006). Effects of pulse-synchronized massage with air cuffs on peripheral blood flow and autonomic nervous system, *Circulation Journal*, 70(9), pp. 1159–1163. doi: 10.1253/circj.70.1159.
- Wardoyo, E. H. & Tarigan, D. R. (2022) ‘Acute Dysbaric Disorders: A Case Series in The Hyperbaric Center in Lombok 2016-2020’, *Proceedings of the 2nd Global Health and Innovation in conjunction with 6th ORL Head and Neck Oncology Conference (ORLHN 2021)*, 46(Orlhn 2021), pp. 296–300. doi: 10.2991/ahsr.k.220206.054.
- Wardoyo, E. H. *et al.* (2022) ‘Edukasi Penyelaman Aman bagi Nelayan Pesisir Montong Lombok Barat’, *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(2), pp. 128–132. doi: 10.29303/jpmpi.v5i2.1649.
- Wolber, P. *et al.* (2022) ‘Prospective study on the Eustachian tube function during Frenzel maneuver in a hypobaric/hyperbaric pressure chamber.’, *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 279(4), pp. 1843–1850. doi: 10.1007/s00405-021-06888-1.