

Pulmonary Function Test of Compressor Divers in Sekotong Subdistrict, West Lombok, West Nusa Tenggara

Ida Ayu Eka Widiastuti^{1*}, Yoga Pamungkas Susani¹, Putu Suwita Sari¹, Basuki Rahmat²

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

Article History

Received : October 31th, 2025

Revised : December 17th, 2025

Accepted : December 23th, 2025

*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: Diving activities using tire compressors, as practiced by some traditional fisherman-divers along the coast of Lombok Island when hunting fish and other marine products can cause lung dysfunction. The purpose of this study was to evaluate lung function in traditional divers who use tire compressors in Sekotong District, West Lombok, and to identify possible respiratory disorders arising from such diving activities. This research was an observational analytic study with a cross-sectional design. The data collected consisted of pulmonary function test results obtained through spirometry examination, including Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV₁), and the FEV₁/FVC ratio. Descriptive analysis consists of FVC, FEV₁, and FEV₁/FVC ratio values and their interpretations. The results showed that the FVC value was 25.6% lower than the predicted value, while the FEV₁ value was 21.2% lower than the expected value. Most of the subjects (18 people) experienced restrictive-type pulmonary disorders (60%), which was higher than the proportion of subjects with normal pulmonary function (36.7%), while 3.3% experienced obstructive-type pulmonary disorders. Traditional divers who use tire compressors are at risk of reduced vital capacity and forced expiratory volume in one second.

Keywords: Traditional divers, tire compressor, pulmonary function, spirometry, restrictive.

Pendahuluan

Penyelaman tradisional merupakan aktivitas yang telah lama dilakukan oleh masyarakat pesisir Indonesia sebagai bagian dari mata pencaharian, terutama dalam kegiatan menangkap ikan, mencari teripang, maupun hasil laut lainnya. Di beberapa wilayah seperti Nusa Tenggara Barat, praktik penyelaman tradisional umumnya menggunakan alat bantu pernapasan berupa kompresor udara permukaan yang dialirkan melalui selang ke mulut penyelam. Meskipun metode ini relatif murah dan mudah diakses, penggunaannya seringkali tidak memenuhi standar keselamatan pernapasan bawah air karena tidak disertai dengan sistem penyaringan dan pengaturan tekanan udara yang

memadai (Gorman & Mitchell, 2012).

Paparan terhadap udara bertekanan melalui sistem kompresor yang tidak terstandarisasi dapat meningkatkan risiko terhadap berbagai gangguan paru dan saluran napas, termasuk barotrauma, edema paru, serta perubahan fungsi paru akibat paparan jangka panjang terhadap udara yang mungkin tercemar oleh karbon monoksida, oli, atau partikel lainnya (Rahman *et al*, 2014; Ooi *et al.*, 2012). Selain itu, pola pernapasan selama penyelaman dengan kompresor cenderung tidak teratur karena tekanan udara yang tidak stabil, yang dapat menyebabkan beban kerja paru meningkat dan mempengaruhi parameter fungsi paru seperti kapasitas vital paksa (FVC) dan volume ekspirasi paksa dalam satu detik (FEV₁) (Hnizdo *and*

Sejumlah penelitian telah melaporkan adanya penurunan fungsi paru pada penyelam profesional maupun tradisional, khususnya yang terpapar secara kronis terhadap udara bertekanan tanpa pengawasan medis yang memadai. Studi yang dilakukan oleh Farm *et al.*, (2010) di Indonesia, melaporkan bahwa penyelam tradisional pengguna kompresor mengalami penurunan fungsi paru terutama setelah masa kerja lebih dari lima tahun, dengan nilai FVC dan FEV₁ di bawah nilai prediksi. Namun demikian kajian yang secara spesifik mengevaluasi fungsi paru pada penyelam tradisional pengguna kompresor di wilayah pesisir Indonesia masih terbatas, termasuk faktor-faktor risiko yang menyertainya seperti durasi penyelaman, kedalaman, frekuensi kerja, dan kondisi alat bantu napas.

Studi yang serupa di Sabah, Malaysia, menemukan bahwa penyelam kompresor memiliki penurunan nilai FVC dan FEV₁ secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Rata-rata FVC pada penyelam adalah $3,04 \pm 0,68$ L, FEV₁ adalah $2,46 \pm 0,61$ L, dan rasio FEV₁/FVC sebesar 81,1%, yang menunjukkan adanya kecenderungan gangguan ventilasi ringan (Rahman, Azhar, and Shafiq, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fungsi paru pada penyelam tradisional yang menggunakan kompresor ban di Kecamatan Sekotong Lombok Barat dan mengidentifikasi kemungkinan gangguan respirasi yang timbul akibat aktivitas penyelaman tersebut.

Bahan dan Metode

Pengambilan data penelitian dilakukan di Puskesmas Pembantu Sepi Desa Buwun Mas Kecamatan Sekotong Lombok Barat. Waktu pengambilan data adalah pada Bulan Oktober tahun 2024. 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 (*Force Volume Capacity*), FEV₁ (*Force Expiratory Volume in 1 second*), dan rasio FEV₁/FVC).

Subjek penelitian berjumlah 30 orang, yaitu nelayan penyelam tradisional yang menggunakan kompresor ban, yang ditentukan dengan teknik *consecutive sampling*. Subjek

berdomisili di Dusun Sepi, Desa Buwun Mas, Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. Data fungsi paru diambil melalui pemeriksaan spirometri dengan menggunakan spirometer digital *Minato 507^R*. Pada subjek juga dilakukan pemeriksaan antropometri, meliputi tinggi badan, berat badan, dan penentuan indeks massa tubuh.

Analisis deskriptif dilakukan terhadap karakteristik subjek, yang meliputi: usia, tinggi badan, berat badan, dan indeks massa tubuh, serta hasil uji fungsi paru dengan pemeriksaan spirometri, yang terdiri dari nilai FVC, FEV₁, dan rasio FEV₁/FVC. Analisis dilakukan dengan menggunakan program SPSS versi 25. Dari nilai pemeriksaan uji fungsi paru tersebut selanjutnya diinterpretasikan apakah subjek mengalami kelainan paru jenis obstruktif, restriktif, atau normal.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Subjek

Penelitian ini dilakukan terhadap 30 orang penyelam tradisional yang melakukan aktivitas menyelam menggunakan kompresor ban. Subjek melakukan aktivitas menyelam di perairan sekitar Sekotong Lombok Barat. Keseluruhan penyelam adalah laki-laki dan melakukan aktivitas menyelam ini bertujuan untuk menangkap ikan dan hasil laut lainnya sebagai sumber mata pencaharian. Kemampuan menyelam para subjek diperoleh secara turun temurun atau dari sesama penyelam sehingga dengan kata lain kemampuan menyelam tidak diperoleh melalui pelatihan atau sertifikasi khusus. Penyelam kompresor ini melakukan pekerjaan mereka hanya menggunakan peralatan selam terbatas, seperti: kacamata renang, *fins* (kaki katak/sirip renang), dan tombak atau panah.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik subjek	Rerata $\pm$ SD
Umur	$36,9 \pm 8,7$
Berat badan (kg)	$62,4 \pm 13,5$
Tinggi badan (cm)	$162,3 \pm 8,3$
Indeks massa tubuh (kg/m ²)	$23,6 \pm 4,3$
FVC (Liter/menit)	$2,9 \pm 0,6$
Nilai Prediksi FVC	$3,9 \pm 0,5$
FEV ₁ (Liter/menit)	$2,6 \pm 0,6$
Nilai Prediksi FEV ₁	$3,3 \pm 0,5$
FEV ₁ /FVC (%)	$87,9 \pm 8,4$

Data pada tabel 1, maka terlihat bahwa usia subjek termasuk dalam usia produktif, yaitu antara 15 hingga 64 tahun. Rentang ini juga sering dipakai secara internasional sebagai kelas usia kerja atau *working-age population*, misalnya dalam data OECD tentang populasi usia kerja (OECD, n.d.). Fungsi faal paru mengalami penurunan seiring bertambahnya usia. Proses penuaan menyebabkan perubahan anatomis dan fisiologis pada sistem pernapasan yang berujung pada penurunan kapasitas ventilasi paru (Sharma and Goodwin, 2006). Kapasitas vital (VC) dan volume ekspirasi paksa detik pertama (FEV₁) menurun secara progresif seiring bertambahnya usia. FEV₁ menurun sekitar 20–30 mL per tahun setelah usia 30 tahun pada orang dewasa sehat. Penurunan ini lebih besar pada perokok. Penurunan FEV₁ relatif lebih cepat daripada FVC (Thomas *et al.*, 2019). Perubahan struktural (penurunan elastisitas paru, pelebaran alveoli tanpa inflamasi khas emfisema) dan perubahan sistemik (sarkopenia, imunosenesens, *inflammaging*) menjelaskan perubahan fungsi ini dan meningkatkan risiko penyakit paru serta komplikasi infeksi (Schneider *et al.*, 2021).

Rerata indeks massa tubuh (IMT) 23,6 kg/m² menunjukkan bahwa status nutrisi para subjek termasuk dalam kategori normal. Status nutrisi yang baik meliputi: kecukupan energi, hidrasi, keseimbangan elektrolit, protein, dan antioksidan, berperan penting dalam mendukung performa, mempercepat pemulihan, serta menurunkan risiko cedera atau gangguan akibat tekanan saat menyelam. Sebaliknya malnutrisi dan komposisi tubuh yang tidak ideal dapat mengurangi efisiensi metabolik dan meningkatkan risiko penyakit dekompresi (Germonpre and Balestra, 2017). Di samping itu Status gizi yang baik mendukung fungsi fisiologis tubuh, termasuk kapasitas aerobik, fungsi kardiovaskular, serta daya tahan terhadap stres termal dan tekanan lingkungan saat menyelam (Pendergast dan Lundgren, 2009). IMT memengaruhi beberapa aspek keselamatan dan performa menyelam melalui: (1) efek pada fungsi paru dan mekanika pernapasan, (2) pengaruh pada metabolisme dan kemungkinan risiko decompression illness (DCS) terkait jaringan adiposa, (3) perubahan buoyancy/isolasi termal dan kerja pernapasan, serta (4) keterkaitan dengan risiko kardiovaskular saat menyelam (Hagewald. 2021).

Uji fungsi faal paru melalui pemeriksaan spirometri menunjukkan bahwa baik nilai FVC maupun FEV₁ lebih rendah dibandingkan dengan nilai prediksinya. Nilai prediksi ini mengacu pada nilai standar karakteristik subjek yang meliputi: usia, jenis kelamin, tinggi badan, dan berat badan. Nilai FVC lebih rendah 25,6% dibandingkan dengan nilai prediksinya, sementara nilai FEV₁ lebih rendah 21,2% dibandingkan dengan nilai prediksinya. Nilai FVC dan FEV₁ yang lebih rendah dibanding nilai prediksi artinya ada penurunan kapasitas/kemampuan paru dibanding yang diharapkan untuk usia/jenis kelamin/tinggi badan orang yang diperiksa (Stanojevic, *et al.*, 2022). Namun demikian nilai FVC dan FEV₁ bisa rendah karena manuver tidak maksimal (inspirasi tidak penuh, ekspirasi tidak tuntas) atau kebocoran masker/munduranya instruksi; penting untuk memeriksa apakah tes memenuhi kriteria *acceptability/repeatability* menurut standar (Graham *et al.*, 2019). Rasio FEV₁/FVC mencerminkan seberapa besar proporsi udara yang bisa dikeluarkan dalam 1 detik dibanding seluruh kapasitas vital paru. Nilai ini adalah indikator utama aliran udara dan kemungkinan hambatan jalan napas (Swanney *et al.*, 2008). Rerata rasio $87,9 \pm 8,4$ % menunjukkan hasil yang normal.

Rasio FEV₁/FVC yang rendah (misalnya < 0,70 atau di bawah *Lower Limit of Normal* / LLN) menandakan hambatan aliran udara, yang terjadi karena FEV₁ turun lebih banyak dibanding FVC. Kondisi ini menunjukkan kesulitan mengeluarkan udara cepat sebagai ciri utama penyakit paru obstruktif (*obstructive lung disease*), misalnya pada penyakit asma dan bronkitis kronis. Apabila FEV₁/FVC normal atau tinggi tetapi FVC menurun, maka mengarah ke pola penyakit paru restriktif, misalnya fibrosis paru (Pallegrino *et al.*, 2005).

Hasil pemeriksaan faal paru dengan pemeriksaan spirometri diinterpretasikan menjadi 4 kategori, yaitu normal, kelainan paru restriktif, kelainan paru obstruktif, dan campuran (obstruktif dan restriktif). Kategori normal adalah apabila nilai FVC $\geq 80\%$ dari nilai prediksi, nilai FEV₁ $\geq 80\%$ dari nilai prediksi, dan nilai Rasio FEV₁/FVC $\geq$ batas bawah normal (sekitar 0,70) (Miller, 2005). Ketidaknormalan nilai dari beberapa parameter fungsi paru tersebut mengindikasikan adanya kelainan pada

fungsi paru.

Tabel 2. Interpretasi Hasil Spirometri

Interpretasi Spirometri	N (orang)	Persentase (%)
Normal	11	36,7
Restriktif	18	60
Obstruktif	1	3,3
Campuran	0	0

Data pada tabel 2, menunjukkan interpretasi terhadap hasil pemeriksaan spirometri memperlihatkan bahwa pada nelayan penyelam pengguna kompresor ban, sebagian besar mengalami gangguan paru tipe restriktif (60%), lebih banyak dibandingkan fungsi faal paru normal (36,7%). Menyelam dengan kompresor, merupakan bentuk dasar penyelaman dengan pasokan udara dari permukaan. Metode menyelam ini memungkinkan penyelam menjelajahi kedalaman 7-8 depa, setara dengan sekitar 13-15 meter, di bawah air (Banez, 2019). Selama kegiatan menyelam, kompresor digunakan untuk memompa masuk dan keluar gas yang dihirup dan dikeluarkan melalui helm penyelam (Russeng *et al.*, 2020). Secara umum, kompresor ini menghisap udara dari atmosfer dengan campuran beberapa gas, yaitu 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% campuran argon, karbon dioksida, uap air, dan lainnya (Lee and Ye, 2013).

Kompresor ban yang digunakan pada penyelaman memungkinkan udara yang masuk ke dalam tabung bertekanan tinggi tidak terfilter dengan baik dan asap dari mesin penggerak kompresor dapat masuk serta bercampur ke dalam tabung yang dihirup oleh penyelam. Udara permukaan yang terkontaminasi CO₂ (karbondioksida) dapat membahayakan penyelam. Secara fisiologis, peningkatan CO₂ menyebabkan vasodilatasi serebral dan peningkatan tekanan intrakranial. Efek ini dapat memperburuk gejala pusing, gangguan koordinasi, atau bahkan penurunan kesadaran yang berbahaya di bawah air (Brian, 1998). Di samping itu hiperkapnia (peningkatan CO₂) dapat menyebabkan peningkatan stimulasi pusat pernapasan dan sistem saraf pusat yang berkaitan dengan respons emosional, sehingga memicu sensasi tidak nyaman, panik, dan keinginan kuat untuk bernapas, sebuah kondisi yang berpotensi sangat berbahaya selama menyelam di bawah air

(Dunwoth *et al.*, 2017).

Asap dari mesin perahu dan udara pada kompresor menghasilkan gas CO (karbonmonoksida). Karbonmonoksida bersaing dengan oksigen untuk berikatan dengan hemoglobin (Hb) dalam membentuk *carboxyhemoglobin* (COHb). CO memiliki afinitas jauh lebih tinggi dibanding oksigen, yang akan mengurangi kemampuan darah membawa dan melepaskan oksigen ke jaringan tubuh sehingga menyebabkan hipoksia jaringan (Guzman, 2012; Ismiati, Marlita, and Saidah, 2014). Di samping itu CO juga dapat berikatan dengan myoglobin jantung dan enzim heme lainnya, mengganggu metabolisme seluler dan fungsi otot jantung serta mitokondria (Savioli *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Penyelam tradisional dengan menggunakan kompresor ban memiliki risiko terhadap fungsi sistem respirasi, yaitu penurunan kapasitas vital dan volume ekspirasi paksa 1 menit. Paparan kronis terhadap asap dari mesin penggerak kompresor dan peningkatan kadar CO₂ dapat membahayakan kesehatan penyelam. Perlu dilakukan edukasi terkait bahaya yang dapat ditimbulkan dari aktivitas menyelam dengan kompresor

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram selaku penyandang dana penelitian, dr. Budiya selaku Kepala Puskesmas Sekotong yang telah berkenan memberikan informasi dan memfasilitasi pengambilan data, dan para penyelam tradisional di Desa Buwun Mas, khususnya di Dusun Sepi Kecamatan Sekotong yang telah berkenan menjadi subjek penelitian kami.

Referensi

Bañez, M. A. B. (2019). Compressor fishing practices among fisher-divers of lampirong (Placuna placenta) and their associated health risks in a coastal municipality in Panay, Philippines. *Philippine Journal of*

- Health Research and Development*, 23(3), 31-38.
- Brian, J. E. Jr. (1998). Carbon dioxide and the cerebral circulation. *Anesthesiology*, 88(5), 1365–1386.
<https://doi.org/10.1097/00000542-199805000-00029>
- Dunworth, S. A., Natoli, M. J., Cooter, M., Cherry, A. D., Peacher, D. F., Potter, J. F., ... & Moon, R. E. (2017). Hypercapnia in diving: a review of CO₂ retention in submersed exercise at depth. *Undersea & hyperbaric medicine*, 44(3).
- Farm BP, Ng AS, Ho KY. (2010). Pulmonary function in breath-hold and compressor divers in Indonesia. *Diving Hyperb Med*. 40(4):182–6.
- Germonpré, P., & Balestra, C. (2017). Nutrition and diving: a neglected relationship. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 47(4), 228–234.
<https://doi.org/10.28920/dhm47.4.228-234>
- Gorman DF, Mitchell SJ. Hyperbaric and diving medicine. In: Auerbach PS, editor. *Wilderness Medicine*. (2012). 6th ed. Philadelphia: Elsevier Mosby; p. 1465–94.
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., ... & Thompson, B. R. (2019). Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 200(8), e70–e88.
<https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Guzman, J. A. (2012). Carbon monoxide poisoning. *Critical care clinics*, 28(4), 537-548.
<https://doi.org/10.1016/j.ccc.2012.07.007>
- Hegewald, M. J. (2021). Impact of obesity on pulmonary function: current understanding and knowledge gaps. *Current opinion in pulmonary medicine*, 27(2), 132-140.
<https://doi.org/10.1097/mcp.0000000000000754>
- Hnizdo, E., & Vallyathan, V. (2003). Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence. *Occupational and environmental medicine*, 60(4), 237-243.
<https://doi.org/10.1136/oem.60.4.237>
- Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 1(3), 241-248.
<https://doi.org/10.54324/j.mtl.v1i3.23>
- Lee, Y. I., & Ye, B. J. (2013). Underwater and hyperbaric medicine as a branch of occupational and environmental medicine. *Annals of occupational and environmental medicine*, 25(1), 39.
<http://www.aoemj.com/content/25/1/39>.
- Miller, M. R. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338.
<https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (n.d). *Working age population*, Available at: https://www.oecd.org/en/data/indicators/working-age-population.html?utm_source=chatgpt.com
- Ooi, E.H., Tan, K.K., Lee, H.C., Seet, R.C. (2012). Compressor diving and health risks in Southeast Asia. *Undersea Hyperb Med*. 39(5):937–43.
- Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R. O., Burgos, F., Casaburi, R. E. A., ... & Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *European respiratory journal*, 26(5), 948-968.
<https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
- Pendergast, D. R., & Lundgren, C. E. (2009). The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *European Journal of Applied Physiology*, 105(2), 287–308.
<https://doi.org/10.1007/s00421-008-0701-2>
- Rahman, I.A., Azhar, Y., Syafiq, M. (2014). Pulmonary function among traditional divers using compressor in Sabah, Malaysia. *Med J Malaysia*. 69(6):266–70.
- Russeng, S.S., Saleh, L.M., Awaluddin, M, et al. (2020). Intervention model for barotrauma

- diseases to improve health and safety diving behaviors in traditional fishermen in small islands in Makassar, Indonesia. *Sys Rev Pharm*, 11:597-600. 11.
- Savioli, G., Gri, N., Ceresa, I. F., Piccioni, A., Zanza, C., Longhitano, Y., ... & Candura, S. M. (2024). Carbon monoxide poisoning: from occupational health to emergency medicine. *Journal of clinical medicine*, 13(9), 2466. <https://doi.org/10.3390/jcm13092466>
- Schneider, J. L., Rowe, J. H., Garcia-de-Alba, C., Kim, C. F., Sharpe, A. H., & Haigis, M. C. (2021). The aging lung: Physiology, disease, and immunity. *Cell*, 184(8), 1990-2019. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.005>
- Sharma, G., and Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical Interventions in Aging*, 1(3), 253–260. <https://doi.org/10.2147/ciia.2006.1.3.253>
- Stanojevic, S., Kaminsky, D. A., Miller, M. R., Thompson, B., Aliverti, A., Barjaktarevic, I., ... & Swenson, E. R. (2022). ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *European Respiratory Journal*, 60(1). <https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021>
- Swanney, M. P., Ruppel, G., Enright, P. L., Pedersen, O. F., Crapo, R. O., Miller, M. R., ... & Quanjer, P. H. (2008). Using the lower limit of normal for the FEV1/FVC ratio reduces the misclassification of airway obstruction. *Thorax*, 63(12), 1046-1051. <https://doi.org/10.1136/thx.2008.098483>
- Thomas, E. T., Guppy, M., Straus, S. E., Bell, K. J., & Glasziou, P. (2019). Rate of normal lung function decline in ageing adults: a systematic review of prospective cohort studies. *BMJ open*, 9(6), e028150. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028150?urlappend=%3Futm_source%3DResearchgate.net%26utm_medium%3DArticle