

Case Report

Penyakit Dekompresi Tipe II pada Penyelam Rekreasi: Sebuah Laporan Kasus dan Penanganan dengan Terapi Oksigen Hiperbarik

Anita Devi¹, Arif Rahman Nurdianto^{1*}, Achmad Nurdin Himawan¹, Anis Dwi Anita Rini¹, Hisnindarsyah, Titut Harnanik¹, Djatiwidodo Edi Pratiknya¹

¹Program Pendidikan Dokter Spesialis Kedokteran Kelautan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hang Tuah Surabaya

*Corresponding e-mail: didins99@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Menyelam SCUBA adalah rekreasi populer namun berisiko, salah satunya adalah Penyakit Dekompresi (DCS) yang disebabkan pembentukan gelembung gas inert akibat penurunan tekanan lingkungan. DCS dapat bermanifestasi ringan hingga berat, termasuk gejala neurologis. Penanganan cepat sangat penting. **Tujuan:** Melaporkan kasus Penyakit Dekompresi Tipe II pada penyelam rekreasi dan penanganannya dengan Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB). **Presentasi Kasus:** Dilaporkan kasus laki-laki 70 tahun dengan gejala pusing berputar, vertigo, gangguan keseimbangan, mual, muntah, parestesia, dan nyeri sendi setelah dua kali penyelaman. Pemeriksaan fisik menunjukkan Romberg test positif. Manajemen awal dengan oksigen normobarik dan obat simptomatik hanya memberikan sedikit perbaikan. **Hasil:** Pasien menjalani dua sesi TOHB (menggunakan Tabel 6 dan Tabel 5 US Navy). Setelah terapi, gejala pasien membaik signifikan, termasuk hilangnya pusing, mual, muntah, parestesia, dan nyeri sendi. Romberg test kembali negatif. **Kesimpulan:** Terapi Oksigen Hiperbarik adalah terapi standar emas yang efektif dalam meredakan gejala Penyakit Dekompresi Tipe II pada penyelam rekreasi.

Kata Kunci: Dekompresi, Penyelam Rekreasi, Penyakit Dekompresi Tipe II, Terapi Oksigen Hiperbarik

Decompression Sickness Type II in a Recreational Diver: A Case Report and Management with Hyperbaric Oxygen Therapy**Abstract**

Background: SCUBA diving is a popular but risky recreational activity, one risk being Decompression Sickness (DCS) caused by inert gas bubble formation due to ambient pressure reduction. DCS can manifest from mild to severe, including neurological symptoms. Prompt management is crucial. **Purpose:** To report a case of Decompression Sickness Type II in a recreational diver and its management with Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT). **Case Presentation:** We report a case of a 70-year-old male presenting with dizzy spinning, vertigo, imbalance, nausea, vomiting, paresthesia, and joint pain after two dives. Physical examination revealed a positive Romberg test. Initial management with normobaric oxygen and symptomatic medication provided only slight improvement. **Results:** The patient underwent two sessions of HBOT (using US Navy Tables 6 and 5). Following therapy, the patient's symptoms significantly improved, including resolution of dizziness, nausea, vomiting, paresthesia, and joint pain. The repeat Romberg test was negative. **Conclusion:** Hyperbaric Oxygen Therapy is the gold standard therapy that can effectively alleviate symptoms associated with Decompression Sickness Type II in recreational divers.

Keywords: *Decompression, Decompression Sickness Type II, Hyperbaric Oxygen Therapy, Recreational Diver*

ARTICLE HISTORY:

Received 26-05-2025

Received 05-06-2025

Accepted 22-06-2025

PENDAHULUAN

SCUBA diving adalah rekreasi populer yang berawal dari penyelaman menahan napas dan berkembang dengan inovasi udara bertekanan. Olahraga ini telah menyebar ke seluruh dunia, sering dipadukan dengan pariwisata dan fotografi, dengan penyelam teknis menjadi pelopor eksplorasi bawah air (Commander NSSC, 2017; Edmonds, 2013; Hardy, 1997) (Edmonds et al, 2016).

Salah satu risiko utama menyelam adalah Penyakit Dekompresi (DCS), atau Decompression Sickness/Illness (DCI). Kondisi ini terjadi saat gelembung gas (terutama nitrogen) mengembang dalam tubuh akibat penurunan tekanan lingkungan yang cepat, seperti saat naik ke permukaan atau bepergian ke ketinggian setelah menyelam. (Al-Waili & Butler, 2006; Edmonds, 2013; Moon & Mitchell, 2021) Istilah lain untuk DCS mencakup Bends, Compressed air illness, Caisson disease, Divers Palsy, Aeroembolism, dan Dysbarism. (Chevasutho et al., 2022; Indah et al., 2023; Liow et al., 2009)

Secara patofisiologi, DCS bermula dari pembentukan gelembung gas yang memicu gangguan mekanis, penyumbatan pembuluh darah, dan kerusakan jaringan (Chevasutho et al., 2022; Moon & Mitchell, 2021). Gelembung ini dapat merusak jaringan lokal atau beredar sebagai emboli, menyebabkan berbagai gejala seperti nyeri sendi, ruam kulit, kebas, kesemutan, hingga kelumpuhan atau kematian (Chevasutho et al., 2022; Risdall, 2016). Pembentukan gelembung ini dijelaskan oleh Hukum Henry: semakin dalam penyelam, semakin banyak nitrogen yang terserap, dan jika kenaikan terlalu cepat, nitrogen akan membentuk gelembung (Denoble et al., 2019; Hardy, 1997; Tetzlaff & Muth, 2024). Faktor risiko meliputi kedalaman dan durasi penyelaman, kecepatan naik, dan frekuensi menyelam. Penting dicatat bahwa DCS dapat terjadi bahkan pada penyelam yang mematuhi panduan aman (Commander NSSC, 2017), dan bepergian ke dataran tinggi atau terbang segera setelah menyelam dapat memperburuk gejala.

Gejala DCS bervariasi dan bisa muncul hingga 48 jam setelah menyelam. DCS Tipe I mencakup gejala ringan seperti nyeri sendi, kebas, dan ruam kulit. DCS Tipe II lebih serius, melibatkan organ vital seperti jantung, paru-paru, sumsum tulang belakang (menyebabkan kelemahan/kelumpuhan), sistem saraf pusat, dan telinga dalam (menyebabkan vertigo atau gangguan pendengaran). DCS Tipe III mencakup Cerebral Arterial Gas Embolism (CAGE), yang bermanifestasi seperti stroke dengan disorientasi, penurunan kesadaran, dan kejang. (Balestra, 1990; Chevasutho et al., 2022). Penanganan utamanya adalah terapi oksigen hiperbarik (HOT), yang menjadi standar emas untuk mempercepat eliminasi gas dan mengecilkan gelembung (Nurdianto et al., 2019a; Moon & Mitchell, 2021; Nurdianto et al., 2019b).

Laporan kasus ini penting karena menyajikan profil Dekompresi (DCS) pada pasien lanjut usia (70 tahun), meskipun profil penyelaman pasien tampaknya normal (dua kali penyelaman, dengan kedalaman 31.2-meter dan 15 meter, disertai surface interval yang memadai, dan tanpa kenaikan cepat). Kasus ini menarik karena menunjukkan bahwa gejala DCS dapat muncul ringan (vertigo, pusing, kesemutan), namun secara klinis mengarah pada tipe II (melibatkan telinga dalam dan neurologis ringan). Laporan ini juga relevan karena terjadi di Nusa Penida, lokasi wisata selam populer, menekankan bahwa DCS dapat menyerang siapa saja, termasuk penyelam berpengalaman, dan menyoroti pentingnya evaluasi serta penanganan definitif yang cepat meskipun gejala awalnya tampak tidak terlalu parah.

PRESENTASI KASUS

Dilaporkan pasien laki-laki, 70 tahun, Warganegara Perancis dengan keluhan utama pusing berputar, vertigo, dan muntah-muntah. Pasien rujukan dari RS Bali Mandara tanggal 7 November 2024 dengan keluhan pusing berputar, vertigo, gangguan keseimbangan, dan muntah-muntah, terutama saat menoleh/menggerakkan kepala, setelah menyelam di Nusa Penida (2x) sehari sebelumnya (6 November 2024):

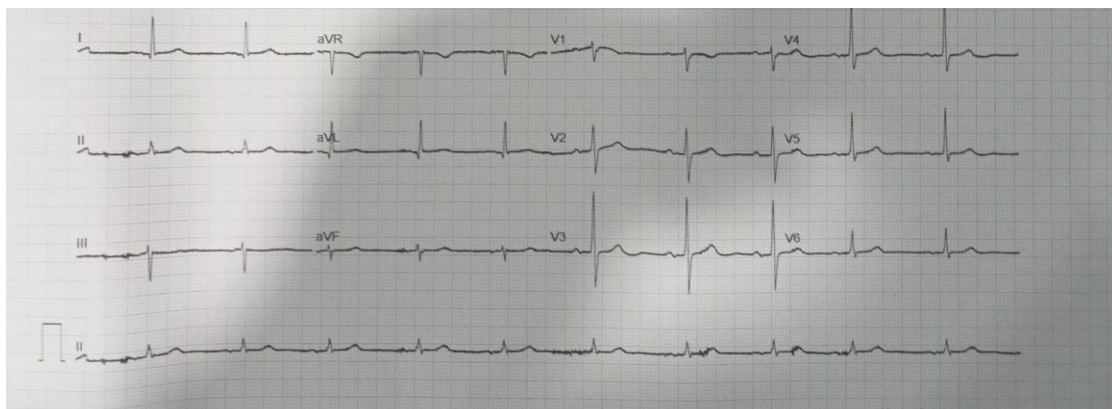
1. 31,2meter selama +/-40 menit, Surface Interval 1jam 8 menit
2. 15meter selama +/-40 menit. Tidak ada Riwayat naik ke permukaan dengan cepat (rapid ascent).

Kurang lebih 30 menit sesudah menyelam terakhir, pasien makan, kemudian 5 menit ketika makan pasien merasakan pusing berputar disertai muntah. Pasien juga mengeluh rasa tebal dan kesemutan pada tangan dan kaki serta nyeri sendi terutama pada leher dan bahu. Tidak ada kelemahan atau anggota gerak, sesak nafas, nyeri kepala, pandangan kabur/dobel, gangguan pendengaran, telinga mendenging disangkal. Kemudian pasien dibawa ke Rumah Sakit terdekat. Pasien menghirup oksigen selama beberapa jam, diberikan beberapa obat untuk vertigo dan muntah, tetapi keluhan hanya sedikit berkurang dan gejalanya dirasakan masih berat.

Riwayat penyakit terdahulu, tidak ada Hipertensi, Diabetes, Penyakit Jantung, maupun Asma. Tidak ada riwayat penggunaan obat-obatan sebelumnya. Riwayat sosial pasien tidak merokok, minum alkohol sesekali dan tidak rutin. Pasien memiliki hobi menyelam sejak kurang lebih 40 tahun yang lalu (lebih dari 1000 kali penyelaman), dan ini merupakan pertama kali pasien mengalami keluhan setelah menyelam.

Pada pemeriksaan fisik didapatkan Keadaan Umum Lemah, Tensi 120/80 mmHg, Nadi 78x/ menit, respirasi 20 x/menit, suhu: 36°C, SpO2 99% dengan masker oksigen 10 liter/menit, NPRS (Numeric Pain Rating Scale) didapatkan 0/10. Pemeriksaan Auris Dekstra dan Sinistra didapatkan Meatus Acusticus Externa Lapang pada kedua telinga, membran tympani intak dan test Equalisasi positif pada kedua telinga. Pemeriksaan Klinis Neurologis didapatkan GCS E4V5M6, Meningeal sign negatif, Nistagmus negative pada kedua mata, Paresis nervus kranialis tidak ada, pemeriksaan motorik normal, refleks patologis tidak ada, paresthesia pada tangan dan kaki. Romberg test (+) positif. HINTS Test (-) negatif. Head impulse test: no saccadic correction, Nistagmus tidak ada, Test of skew negatif.

Hasil pemeriksaan penunjang, laboratorium tanggal 6 November 2024, WBC 13.31 RBC 5,34 H/NE 11.35 H/LY 1.09 HGB 15.6/HCT 46.1/PLT 238, GDS 144 Na 144/ K 3.8. Hasil Pemeriksaan EKG tanggal 6 November 2024 didapatkan Normal Sinus rhythm, HR 64 x/m.



Gambar 1. Hasil Pemeriksaan EKG

Lead I, II, III (Lead Ekstremitas):

- I: Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang T tampak normal.
- II: Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang T tampak normal.
- III: Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang T tampak normal.

aVR, aVL, aVF (Augmented Lead Ekstremitas):

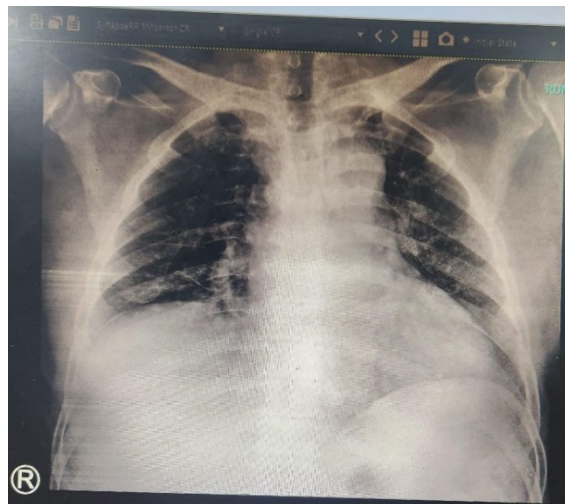
- **aVR:** Gelombang P terbalik (normal), kompleks QRS didominasi gelombang S (normal), gelombang T terbalik (normal).
- **aVL:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang T tampak normal.
- **aVF:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang T tampak normal.

V1-V6 (Lead Prekordial):

- **V1:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang R kecil, gelombang S dominan (normal). Gelombang T tampak normal.
- **V2:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit, gelombang R kecil, gelombang S dominan (normal). Gelombang T tampak normal.
- **V3:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit. Gelombang T tampak normal.
- **V4:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit. Gelombang T tampak normal.
- **V5:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit. Gelombang T tampak normal.
- **V6:** Gelombang P ada, kompleks QRS sempit. Gelombang T tampak normal.

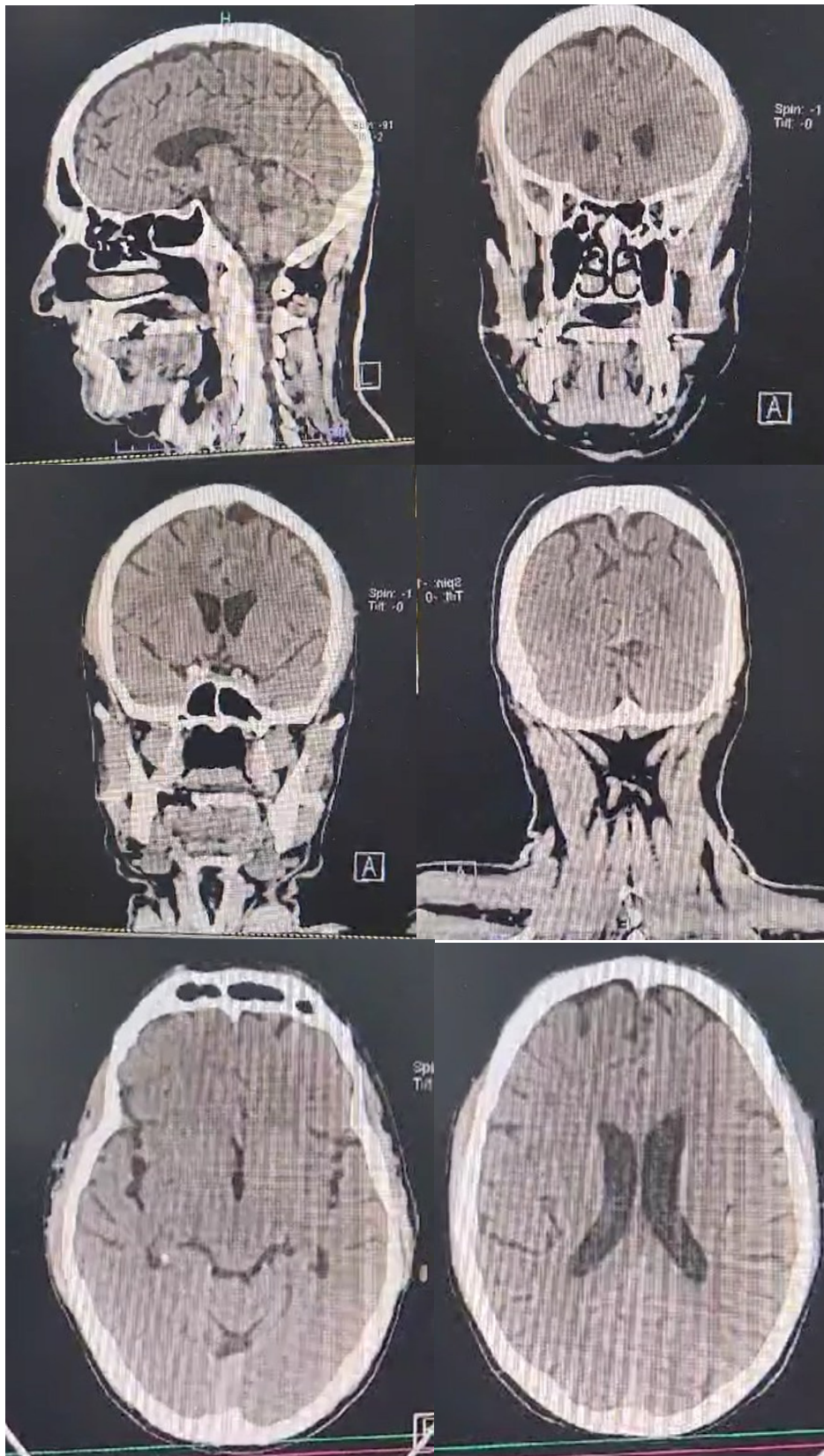
Berdasarkan tinjauan singkat ini, EKG menunjukkan irama sinus. Tidak ada elevasi atau depresi segmen ST yang signifikan, dan tidak ada tanda-tanda iskemia akut, infark miokard, atau aritmia mayor yang jelas terlihat pada pandangan pertama di setiap *lead*. Konfigurasi gelombang P, QRS, dan T tampak dalam batas normal pada sebagian besar *lead*

Hasil Pemeriksaan Rontgen Thorax Pasien juga dalam batas normal dan tidak ditemukan masalah dalam hasil rontgen nya.



Gambar 2. Hasil Pemeriksaan Rontgen Thorax Pasien

Hasil Pemeriksaan CTScan kepala non kontras 6/11/24 menunjukkan tidak tampak tanda-tanda infark/ perdarahan.



Gambar 3. CT Scan Pasien tanpa kontras

Pasien didiagnosis dengan Decompression Sickness Type II, direncanakan untuk rawat inap, dan diberikan pengobatan Terapi Oksigen Hiperbarik dengan Tabel 6 US Navy (Commander NSSC, 2017), IVFD NaCl 0.9% 20 tetes/ menit, Meloxicam 15 mg tiap 12 jam Intra Oral, Mekobalamin 500mcg tiap 12 jam Intra vena, dilakukan monitoring keluhan dan defisit neurologis Setelah terapi pertama pasien merasakan +/- 70% perbaikan gejala.

Pada Follow up tanggal 8 November 2024 pasien masih merasakan pusing namun minimal dan dirasakan membaik dibandingkan kemarin. pasien sudah mulai bisa duduk dan berjalan ke kamar mandi perlahan-lahan. Mual/muntah tidak ada. makan/minum membaik. Rasa tebal, kesemutan dan nyeri sendi dirasakan sangat berkurang, hanya sesekali muncul selama beberapa menit, kemudian hilang dengan sendirinya.

Pemeriksaan fisik didapatkan tekanan darah 110/70 mmHg, Nadi 82 x/menit, repirasi 20 x/menit, Suhu 36 °C, SpO2 99%, NPRS: 0/10. Pemeriksaan Klinis Neurologis didapatkan GCS E4V5M6, Meningeal sign tidak ada, Nistagmus tidak ada, Paresis nervus kranialis tidak ada, Motorik normal, Refleks patologis tidak ada, Sensorik normal, Paresthesia minimal HINTS Test, Head impulse test didapatkan no saccadic correction, Nistagmus tidak ada, Test of skew negative.

Pasien didiagnosis dengan Decompression sickness type II (improving/ membaik), Penanganan dilanjutkan dengan Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) Tabel 5 US Navy, IVFD NaCl 0.9% 20 tetes per menit, Meloxicam 15 mg tiap 12 jam intra oral, Mekobalamin 500mcg tiap 12 jam intra vena, Monitoring keluhan dan defisit neurologis. Setelah terapi hipernbarik kedua pasien merasakan keluhannya sangat membaik, tidak ada pusing berputar, tidak ada mual maupun muntah, keseimbangan baik, rasa tebal, kesemutan dan nyeri sendi sudah hilang. setelah terapi kedua pasien merasakan gejala membaik +/- 90%. Pasien diperbolehkan pulang pada sore harinya.

Pada saat kontrol kembali tanggal 11 November 2024 pasien mengatakan saat ini sudah tidak ada keluhan. pusing berputar, mual, muntah tidak ada. Berjalan dan beraktivitas normal. Pemeriksaan fisik didapatkan keadaan umum baik, Tensi 130/75 mmHg, Nadi 72x/menit, Respirasi 19x/menit, Suhu 36°C, SpO2 100%, Auris Dextra/ Sinistra Meatus Acusticus Externa Lapang Lapang, Tes Equalisasi positif pada kedua telinga, Romberg Tes (-) Negatif. Pasien didiagnosis dengan Post Decompression Sickness Type 2 (improving), pasien Fit to Fly.

Tabel 1. Ringkasan Terapi dan Respons Pasien Decompression Sickness (DCS) Tipe II

Hari	Gejala Awal & Kondisi Klinis	Terapi yang Diberikan	Hasil & Respons Terapi
6 November 2024 (Hari Penyelaman & Onset Gejala)	Pusing berputar hebat, vertigo, muntah-muntah, kebas dan kesemutan pada tangan/kaki, nyeri sendi leher/bahu setelah dua kali penyelaman (31.2m selama 40 menit; SI 1j 8m; 15m selama 40 menit). Kondisi umum lemah. Pemeriksaan neurologis menunjukkan parestesia dan Romberg test (+). Laboratorium, EKG, Rontgen Thorax, CT Scan kepala normal.	Oksigen di fasilitas kesehatan awal, obat-obatan simptomatik untuk vertigo dan muntah.	Keluhan hanya sedikit berkurang, gejala masih berat.
7 November 2024 (Hari 1 Penanganan di RS)	Diagnosis: Decompression Sickness Tipe II. Keluhan utama pusing berputar, vertigo, muntah-muntah, kebas/kesemutan, nyeri sendi.	Rawat inap, Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) Tabel 6 US Navy, IVFD NaCl 0.9%, Meloxicam 15 mg PO, Mekobalamin 500mcg IV. Monitoring keluhan dan defisit neurologis.	Perbaikan gejala sekitar 70%.
8 November 2024 (Hari 2 Penanganan di RS)	Pusing minimal (membaik), mual/muntah tidak ada, keseimbangan membaik (bisa duduk/berjalan)	Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) Tabel 5 US Navy, IVFD NaCl 0.9%, Meloxicam 15 mg PO, Mekobalamin 500mcg IV.	Perbaikan gejala sekitar 90%. Tidak ada pusing berputar, mual, muntah. Keseimbangan baik, kebas/kesemutan/nyeri

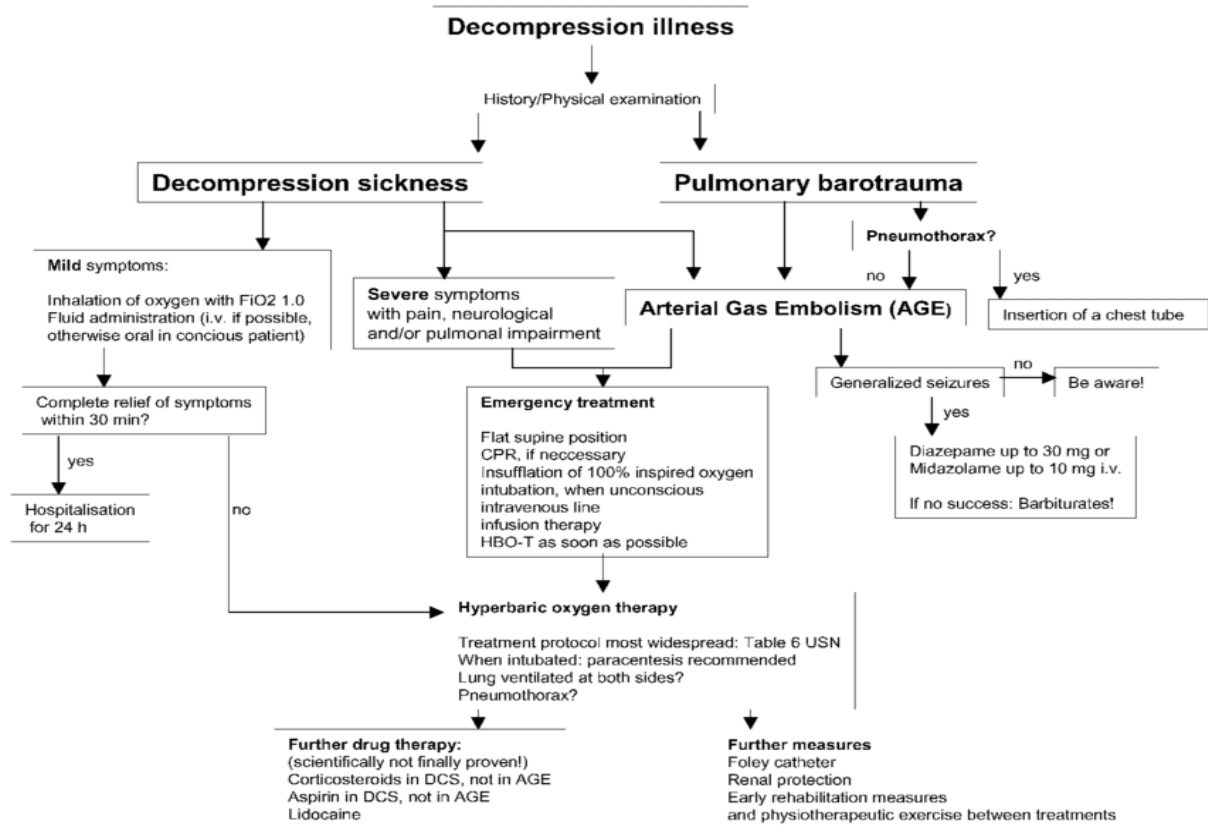
		perlahan), kebas/kesemutan/nyeri sendi sangat berkurang, hanya sesekali. Diagnosis: DCS Tipe II (improving).	Monitoring keluhan dan defisit neurologis.	sendi hilang. Pasien diperbolehkan pulang.
11 November (Kontrol Perawatan)	2024 Pasca	Tidak ada keluhan sisa (pusing, mual, muntah), aktivitas normal.	-	Dinyatakan Post Decompression Sickness Tipe II (improving) dan Fit to Fly.

PENANGANAN PASIEN

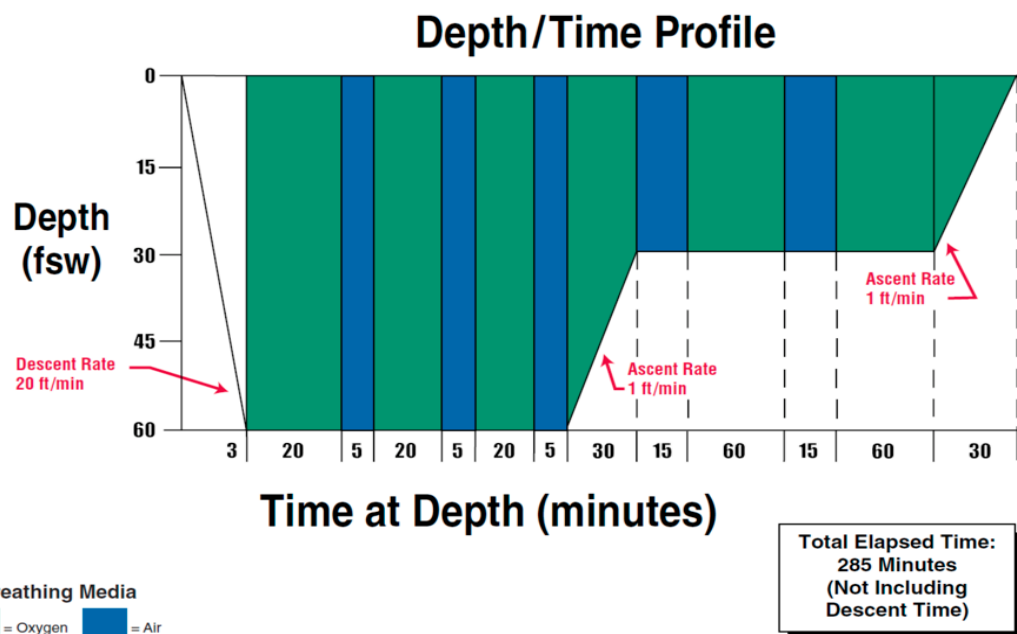
Pertolongan pertama pada pasien dengan *Decompression Sickness (DCS)/ Decompression Illness (DCI)* adalah dengan pemberian oksigen 100% untuk beberapa jam bahkan jika manifestasi sudah membaik. Oksigen murni dapat menghilangkan gas inert dari paru dan meningkatkan *gradient* gas inert di jaringan lebih tinggi dibandingkan dengan di alveoli. Perbedaan *gradient* gas ini meningkatkan pembuangan gas inert dari jaringan ke paru dengan perfusi dan dari gelembung ke jaringan dengan proses difusi. Manfaat lain dari oksigen murni adalah pemulihan hipoksia jaringan disebabkan oleh iskemia, cedera mekanik dan biokimiawi yang dipicu oleh gelembung gas yang terbentuk (Nurdianto et al., 2019a; Nurdianto et al., 2019). Selain itu, upaya rehidrasi akan membantu memperbaiki sirkulasi, sehingga gelembung gas dapat kembali ke paru-paru dan dikeluarkan melalui ekshalasi (Moon & Mitchell, 2019, 2021). Cairan oral hanya diberikan kepada orang yang sepenuhnya sadar. Terapi simptomatis, misalnya mengurangi nyeri dengan memberikan NSAID, tanyakan informasi tentang riwayat penyelaman dalam 48 jam terakhir, pantau tanda-tanda vital, lakukan pemeriksaan neurologis lapangan jika memungkinkan, Kontak dengan konsultan /Dokter Hiperbarik dan rujuk ke Hiperbarik terdekat. Jika menggunakan pesawat, penerbangan harus tidak lebih dari 1000 feet (305 meter). Lebih baik dengan jalur darat, perahu/ boat.

Terapi utama Penyakit Dekompresi adalah rekompresi dengan Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB), yaitu terapi medis dimana pasien menghirup Oksigen 100% pada tekanan lebih dari 1 ATA (Atmosfer Absolut). TOHB sebaiknya dilakukan sesegera mungkin setelah mulai timbulnya gejala, tetapi tetap perlu mempertimbangkan ketersediaan, transportasi, jarak ke pusat TOHB, onset DCS, serta keyakinan pasien tentang perbaikan gejala secara spontan. Laporan Jamharee, dkk (2016) menunjukkan bahwa sebagian besar penyelam dengan penyakit dekompresi (37.5%) tertunda mendapatkan TOHB rata-rata berkisar antara 7-12 jam. Tabel Perawatan yang umumnya digunakan adalah Tabel 6 US Navy. Tabel 6 US navy pada awalnya dikembangkan untuk penanganan pasien dengan Penyakit Dekompresi tipe II, selanjutnya juga digunakan untuk perawatan pasien dengan Emboli Gas Arteri Serebral (CAGE) selain Penyakit dekompresi. Terapi Hiperbarik selanjutnya dilakukan jika masih ada gejala residual, sesuai dengan kondisi pasien, (Commander NSSC, 2017; Edmonds, 2013; Jamharee et al., 2016; Moon & Mitchell, 2021) Petunjuk penggunaan Tabel Terapi sesuai dengan US Navy Diving Manual adalah sebagai berikut (Commander NSSC, 2017; Edmonds, 2013):

1. Tabel ini digunakan untuk perawatan DCS tipe II atau tipe I ketika gejala tidak hilang dalam waktu 10 menit pada jarak 60 feet.
2. Kecepatan turunnya adalah 25 feet /menit.
3. Kecepatan *ascent*/ naik adalah 1 feet /menit. Jangan mengompensasi kecepatan naik yang lebih lambat. Kompensasi kecepatan naik yang lebih cepat dengan menghentikan *ascent*.
4. Waktu pada kedalaman 60 feet dimulai saat tiba di ketinggian 60 feet.
5. Jika pernapasan oksigen harus dihentikan, tunggu 15 menit setelah reaksi benar-benar mereda dan lanjutkan jadwal pada titik penghentian.
6. Tender dalam menghirup udara sepanjang terapi kecuali jika pasien telah mengalami paparan hiperbarik dalam 12 jam terakhir, dalam hal ini oksigen



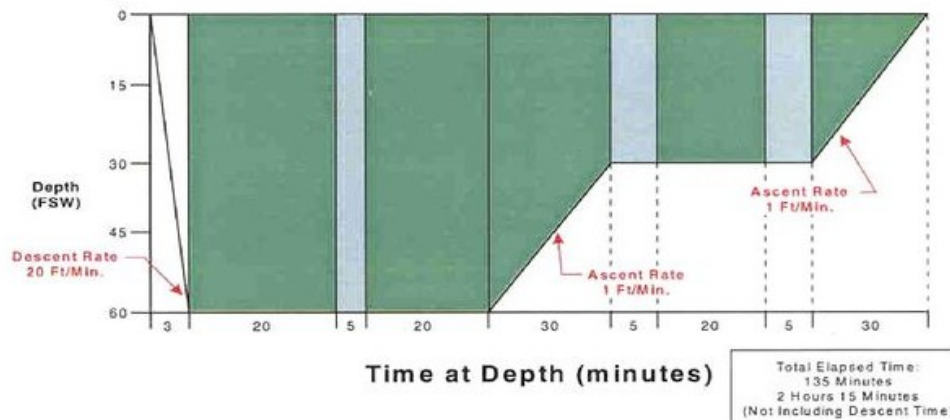
Gambar 4. Grafik Decompression Illness. Sumber: Tetzlaff et al, (2003)



Gambar 5. Terapi Oksigen Hiperbarik Tabel 6 US Navy (Tabel 62 Royal Navy). Kedalaman dalam meter air laut (msw). Periode awal pada kedalaman 18 msw (60 kaki) dengan menghirup 100 persen oksigen dengan jeda udara diikuti oleh kenaikan perlahan hingga kedalaman 9 msw (30 kaki)(Commander NSSC, 2017).

1. Descent rate - 20 ft/min.
2. Ascent rate - Not to exceed 1 ft/min. Do not compensate for slower ascent rates. Compensate for faster rates by halting the ascent.
3. Time on oxygen begins on arrival at 60 feet.
4. If oxygen breathing must be interrupted because of CNS Oxygen Toxicity, allow 15 minutes after the reaction has entirely subsided and resume schedule at point of interruption (see paragraph 21-5.5.6.1.1)
5. Treatment Table may be extended two oxygen-breathing periods at the 30-foot stop. No air break required between oxygen-breathing periods or prior to ascent.
6. Tender breathes 100 percent O₂ during ascent from the 30-foot stop to the surface. If the tender had a previous hyperbaric exposure in the previous 12 hours, an additional 20 minutes of oxygen breathing is required prior to ascent.

Treatment Table 5 Depth/Time Profile



Gambar 6. Terapi Oksigen Hiperbarik Tabel 5 US Navy, (Commander NSSC, 2017)

TERAPI OKSIGEN HIPERBARIK (TOHB)/ HYPERBARIC OXYGEN THERAPY (HBOT)

Pada kasus pasien laki-laki 70 tahun dengan Decompression Sickness (DCS) Tipe II ini, Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) menjadi intervensi kunci yang berhasil. TOHB, sebagai pengobatan medis di mana pasien menghirup oksigen murni (>99%) di bawah tekanan lebih dari 1 Atmosfer Absolut (ATA), sesuai dengan indikasi utama UHMS untuk DCS (UHMS, 2023).

DASAR-DASAR TERAPI TOHB YANG RELEVAN PADA KASUS INI (Nurdianto *et al.*, 2020, 2024; NURDIANTO *et al.*, 2019)

1. Memperkecil dan Mempercepat Resolusi Gelembung Gas: Gejala utama pasien (pusing, vertigo, parestesia) disebabkan oleh gelembung nitrogen. TOHB bekerja dengan prinsip Hukum Boyle (tekanan tinggi mengecilkan volume gas) dan Hukum Henry (meningkatkan kelarutan gas dalam cairan), secara efektif mengecilkan dan mempercepat pembuangan gelembung nitrogen dari darah dan jaringan pasien (Nurdianto *et al.*, 2020, 2024; Nurdianto *et al.*, 2019).
2. Oksigenasi Optimal Area Iskemik/Hipoksia: Gelembung gas dapat menyebabkan iskemia jaringan. Peningkatan kadar oksigen terlarut dalam plasma selama TOHB memastikan oksigenasi optimal pada area yang terkena, membantu pemulihan fungsi saraf dan mengurangi gejala (Nurdianto *et al.*, 2020, 2024; Nurdianto *et al.*, 2019).
3. Mengurangi Asam Laktat: TOHB juga membantu eliminasi asam laktat, yang dapat terakumulasi akibat iskemia jaringan, berkontribusi pada perbaikan kondisi pasien.

Aplikasi TOHB pada Kasus:

- Pasien menjalani dua kali TOHB. Sesi pertama menggunakan Tabel 6 US Navy, yang merupakan standar untuk DCS Tipe II, mencerminkan keparahan awal gejala neurologis pasien. Setelah terapi pertama, pasien menunjukkan perbaikan signifikan (70%), yang mengindikasikan respons positif terhadap pengurangan beban gelembung dan peningkatan oksigenasi.
- Karena masih ada gejala sisa, terapi dilanjutkan dengan Tabel 5 US Navy pada hari berikutnya. Perbaikan gejala yang mencapai 90% setelah sesi kedua menegaskan efektivitas TOHB dalam mengatasi gejala residual dan memulihkan fungsi.

Pencegahan yang Relevan (sebagai pelajaran dari kasus):

Meskipun pasien adalah penyelam berpengalaman dan tidak melakukan *rapid ascent*, kasus ini menggarisbawahi bahwa faktor seperti usia lanjut, profil penyelaman ganda, dan kemungkinan dehidrasi dapat meningkatkan risiko DCS. Oleh karena itu, prinsip pencegahan seperti perencanaan penyelaman yang cermat, penggunaan tabel/komputer selam, mematuhi batas tanpa dekompresi, dan menghindari perjalanan ke ketinggian pasca-selam sangat vital, bahkan untuk penyelam veteran.

Kontraindikasi: Dalam kasus ini, tidak ada kontraindikasi absolut (seperti pneumotoraks yang belum diobati) yang ditemukan, memungkinkan pasien menerima terapi TOHB dengan aman.

PEMBAHASAN

Penyakit Dekompresi (Decompression Sickness - DCS), juga dikenal sebagai Decompression Illness (DCI), merupakan sindrom klinis kompleks yang diinisiasi oleh pembentukan dan ekspansi gelembung gas inert (terutama Nitrogen) dalam darah dan jaringan akibat penurunan tekanan lingkungan yang terjadi selama atau setelah penyelam kembali ke permukaan, atau saat melakukan perjalanan ke ketinggian (Moon & Mitchell, 2019, 2021; Pollock, 2020). Gejala DCS dapat bervariasi, mulai dari yang ringan seperti nyeri sendi (*bends*), ruam kulit, dan kelelahan, hingga yang berat yang melibatkan sistem saraf pusat (SSP), telinga dalam, atau sistem kardiopulmonal, berpotensi menyebabkan kelumpuhan bahkan kematian (Chevasutho et al., 2022; Risdall, 2016). Pada kasus ini, pasien laki-laki berusia 70 tahun mengalami gejala pusing berputar, vertigo, gangguan keseimbangan, mual, muntah, parestesia pada tangan dan kaki, serta nyeri sendi pada leher dan bahu setelah dua kali penyelaman. Munculnya gejala neurologis seperti vertigo, pusing, dan gangguan keseimbangan, bersamaan dengan gejala muskuloskeletal, secara klinis sangat mengarah pada diagnosis Penyakit Dekompresi Tipe II (Moon, 2014; Edmonds et al., 2016).

Patofisiologi utama DCS berawal dari Hukum Henry, yang menyatakan bahwa jumlah gas yang terlarut dalam cairan berbanding lurus dengan tekanan parsial gas tersebut di atas cairan (Nurdianto et al., 2019a). Saat penyelam berada di kedalaman, peningkatan tekanan parsial nitrogen dalam udara napas menyebabkan nitrogen berdifusi dan terlarut dalam darah serta jaringan tubuh. Laju penyerapan nitrogen berbeda antar jaringan; jaringan yang perfusinya tinggi (seperti otak, jantung) menyerap nitrogen lebih cepat ("jaringan cepat"), sementara jaringan dengan perfusi rendah (seperti lemak, tulang, sendi) menyerap lebih lambat tetapi dapat menahan nitrogen lebih banyak dalam volume tertentu ("jaringan lambat") (Denoble et al., 2019; Hardy, 1997). Saat penyelam naik ke permukaan, tekanan lingkungan menurun, mengurangi tekanan parsial nitrogen di paru-paru. Nitrogen kemudian berdifusi kembali dari jaringan ke darah dan dikeluarkan melalui paru-paru. Jika kenaikan terlalu cepat atau beban nitrogen terlalu tinggi, nitrogen yang terlarut tidak dapat dikeluarkan sepenuhnya melalui paru-paru dan membentuk gelembung gas di dalam jaringan atau sirkulasi (Indah et al., 2023).

Gelembung gas yang terbentuk tidak hanya menyebabkan gangguan mekanis akibat sumbatan vaskular (emboli gas vena atau arteri) atau kompresi jaringan, tetapi juga memicu respons biomolekuler yang kompleks (Nurdianto et al., 2024; Nurdianto & Suryokusumo, 2020). Gelembung ini berinteraksi langsung dengan endotelium pembuluh darah, menyebabkan disfungsi endotel dan peningkatan permeabilitas vaskular (Moon, 2014). Permukaan gelembung bertindak sebagai substrat yang mengaktifasi sistem komplemen, menghasilkan anafilatoksin (C3a dan C5a) yang bersifat kemotaktik dan meningkatkan respons inflamasi (Edmonds et al., 2016). Selain itu, gelembung memicu aktivasi netrofil (PMN pada Gambar 3-4), yang kemudian menempel pada endotelium, melepaskan mediator pro-inflamasi seperti sitokin (misalnya TNF- α) dan kemokin, serta menghasilkan Spesies Oksigen Reaktif (ROS) dan protease. Reaksi inflamasi ini memperburuk kerusakan endotel, menyebabkan kebocoran kapiler, edema jaringan, dan memperlambat aliran darah (Moon & Mitchell, 2021; Nurdianto et al., 2019a). Gelembung juga mengaktifasi trombosit dan sistem koagulasi, yang dapat menyebabkan

pembentukan mikrothrombi dan memperburuk oklusi vaskular serta iskemia jaringan (Edmonds et al., 2016). Kerusakan jaringan, iskemia, dan respons inflamasi inilah yang bermanifestasi sebagai berbagai gejala klinis DCS, termasuk nyeri, parestesia, dan defisit neurologis.

Faktor risiko utama untuk DCS meliputi kedalaman dan durasi penyelaman, kecepatan naik ke permukaan, dan profil penyelaman multipel atau berulang (Chevasutho et al., 2022; Commander NSSC, 2017). Namun, seperti ditunjukkan dalam kasus ini, DCS dapat terjadi bahkan pada penyelam berpengalaman yang tampaknya mematuhi prosedur dan menggunakan komputer selam. Beberapa faktor lain dapat meningkatkan kerentanan, termasuk usia lanjut (seperti pasien 70 tahun ini), dehidrasi, kelelahan, suhu air dingin, arus kuat yang meningkatkan beban kerja, serta kondisi medis tertentu seperti obesitas atau Patent Foramen Ovale (PFO) yang memungkinkan transpulmonary passage gelembung dari sirkulasi vena ke arteri, meskipun tidak ada informasi mengenai evaluasi PFO pada pasien ini. Usia lanjut dapat dikaitkan dengan penurunan efisiensi eliminasi nitrogen dan kemampuan perbaikan jaringan (Moon, 2014). Meskipun pasien tidak melakukan rapid ascent, profil dua penyelaman dalam sehari dengan interval permukaan yang relatif singkat, ditambah dengan kemungkinan faktor-faktor lain seperti usia, kelelahan, atau dehidrasi (sering terjadi pada penyelam akibat diuresis dingin dan mabuk laut), mungkin berkontribusi terhadap beban nitrogen yang cukup tinggi untuk memicu pembentukan gelembung patologis (Michael Bennett et al., 2006; Mike Bennett et al., 1995; Moon & Mitchell, 2021)

Diagnosis DCS ditegakkan secara klinis berdasarkan riwayat penyelaman dan gejala yang muncul. Pemeriksaan fisik, termasuk pemeriksaan neurologis yang cermat, sangat penting. Pemeriksaan penunjang seperti laboratorium, EKG, dan CT scan kepala (seperti pada pasien ini) berperan dalam menyingkirkan diagnosis banding lain yang mungkin, seperti stroke atau transient ischemic attack (TIA), serta untuk menilai kondisi umum pasien dan mengidentifikasi kontraindikasi terapi (Moon, 2014). Adanya gejala neurologis yang persisten dan hasil Romberg test yang positif pada pasien ini mengindikasikan adanya gangguan keseimbangan atau fungsi serebelar/vestibular, yang konsisten dengan gejala pusing berputar dan vertigo yang dilaporkan, memperkuat kecurigaan DCS tipe II yang melibatkan sistem saraf pusat atau telinga dalam. Pasien didiagnosa dengan Penyakit Dekompresi tipe II berdasarkan gejala neurologis dan muskuloskeletal yang muncul.

Penanganan awal pada Penyakit Dekompresi adalah dengan pemberian oksigen 100% melalui masker non-rebreather sesegera mungkin. Oksigenasi normobarik 100% membantu meningkatkan gradient parsial tekanan nitrogen antara darah/jaringan dan alveoli, memfasilitasi eliminasi nitrogen dan mengurangi ukuran gelembung (Moon & Mitchell, 2021; Sheffield & Pirone, n.d.) Oksigen juga membantu meredakan hipoksia jaringan akibat sumbatan gelembung dan iskemia. Rehidrasi agresif, biasanya dengan cairan intravena, juga penting untuk memperbaiki volume sirkulasi dan perfusi, membantu transportasi nitrogen dan gelembung ke paru-paru (Moon, 2014). Pada kasus ini, meskipun pasien diberikan oksigen dan obat-obatan simptomatik awal, gejala beratnya (terutama pusing, vertigo, dan gangguan keseimbangan) hanya sedikit berkurang, menegaskan perlunya penanganan definitif.

Terapi definitif untuk DCS adalah rekompresi menggunakan Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) (Edmonds et al., 2016). TOHB melibatkan paparan pasien terhadap tekanan parsial oksigen 100% pada tekanan lingkungan yang lebih besar dari 1 Atmosfer Absolut (ATA) di dalam ruang hiperbarik (Gill & Bell, 2004). Rekompresi secara fisik mengecilkan ukuran gelembung gas sesuai Hukum Boyle ($V \propto 1/P$), mengurangi efek mekanisnya dan meningkatkan kelarutan gas dalam plasma (Hukum Henry, $S \propto P$). Oksigen 100% pada tekanan hiperbarik (misalnya 2.8 ATA pada Tabel 6 US Navy, setara kedalaman 18 msw) secara drastis meningkatkan tekanan parsial oksigen terlarut dalam darah (PO_2), menciptakan gradient difusi nitrogen yang sangat besar dari jaringan ke darah dan paru-paru, mempercepat eliminasi nitrogen dari gelembung dan jaringan (Moon & Mitchell, 2021). Selain itu, TOHB memiliki efek terapeutik lain, termasuk mengurangi edema jaringan, memvasokonstriksi pembuluh darah (mengurangi aliran darah ke area non-perfusi dan edema), menekan respons inflamasi yang dimediasi netrofil, menghambat aktivasi

trombosit, serta meningkatkan oksigenasi jaringan iskemik, memfasilitasi perbaikan seluler (Indah et al., 2023; Moon & Mitchell, 2021)

Tabel recompresi standar, seperti US Navy Treatment Tables (USNTT), digunakan untuk memandu profil tekanan dan paparan oksigen. Tabel 6 US Navy adalah tabel yang umum digunakan untuk penanganan DCS Tipe II atau kasus Tipe I yang tidak responsif terhadap Tabel 5 (yang lebih pendek dan dangkal) atau dengan gejala yang memburuk (Edmonds et al., 2016). Pada kasus ini, pasien yang didiagnosis DCS Tipe II memulai terapi dengan Tabel 6 US Navy. Setelah terapi pertama, terjadi perbaikan gejala yang signifikan (sekitar 70%), menunjukkan efektivitas terapi dalam mengatasi gelembung dan kerusakan terkait. Karena masih ada gejala residual, terapi dilanjutkan pada hari berikutnya dengan Tabel 5 US Navy, yang sesuai untuk gejala sisa atau kasus yang lebih ringan. Setelah terapi kedua, pasien melaporkan perbaikan lebih lanjut hingga sekitar 90% dan pada kontrol berikutnya dinyatakan bebas gejala. Respons yang cepat dan signifikan terhadap TOHB menggarisbawahi pentingnya inisiasi terapi yang cepat dan tepat, meskipun keterlambatan tertentu dalam rujukan dapat terjadi (Chevasutho et al., 2022; Commander NSSC, 2017; Jamharee et al., 2016)

Pencegahan DCS adalah pilar utama keselamatan penyelaman. Ini mencakup perencanaan penyelaman yang cermat (dive planning), penggunaan tabel atau komputer selam yang benar sesuai batas no-decompression limits dan interval permukaan yang memadai, mengontrol laju kenaikan (tidak rapid ascent), serta melakukan safety stop (Commander NSSC, 2017). Selain itu, penting untuk menghindari faktor risiko tambahan seperti dehidrasi, kelelahan, paparan dingin yang ekstrem, dan aktivitas fisik berat segera setelah menyelam (Edmonds, 2013). Menghindari perjalanan ke ketinggian atau penerbangan segera setelah menyelam juga krusial, karena penurunan tekanan lingkungan dapat memicu pembentukan gelembung atau memperburuk gejala yang sudah ada (Moon & Mitchell, 2021). Kasus ini menjadi pengingat bahwa bahkan penyelam yang paling berpengalaman pun tetap berisiko mengalami DCS, dan kesadaran akan gejala serta akses cepat ke penanganan definitif sangatlah vital.

Hal yang menarik dari kasus ini adalah:

1. DCS pada Penyelam Senior Berpengalaman: Ini adalah kasus pertama DCS bagi pasien, meskipun riwayat menyelamnya sangat panjang. Ini menggarisbawahi bahwa bahkan penyelam yang paling kompeten pun tidak imun terhadap DCS, terutama dengan faktor usia lanjut yang mungkin mengurangi efisiensi eliminasi nitrogen dan kemampuan perbaikan jaringan.
2. Tidak Ada Rapid Ascent, Namun Tetap Terjadi DCS: Pasien secara spesifik menyangkal melakukan kenaikan cepat (*rapid ascent*), yang merupakan faktor risiko umum. Namun, ia melakukan dua penyelaman dalam satu hari (31.2m dan 15m) dengan interval permukaan yang relatif singkat (1 jam 8 menit). Ini menunjukkan bahwa kombinasi faktor seperti profil penyelaman bertingkat, usia, dan kemungkinan dehidrasi atau kelelahan, dapat berkontribusi pada beban nitrogen yang memadai untuk memicu DCS, meskipun tidak ada pelanggaran protokol *rapid ascent*.
3. Respons Signifikan Terhadap Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) Dua Sesi: Pasien menunjukkan perbaikan gejala yang dramatis (70% setelah sesi pertama, 90% setelah sesi kedua) dengan TOHB Tabel 6 dan Tabel 5 US Navy. Ini menegaskan efektivitas TOHB sebagai standar emas penanganan DCS, bahkan pada kasus yang awalnya berat dengan manifestasi neurologis (vertigo, gangguan keseimbangan) dan muskuloskeletal. Respons positif yang cepat ini menekankan pentingnya diagnosis dini dan inisiasi terapi definitif yang cepat.

Secara keseluruhan, kasus ini menjadi pengingat kritis akan kompleksitas DCS, terutama pada populasi rentan seperti penyelam senior. Ini menyoroti perlunya kewaspadaan terhadap gejala, bahkan yang terkesan ringan atau atipikal, serta pentingnya akses cepat ke fasilitas TOHB, terlepas dari pengalaman atau kepatuhan penyelam terhadap protokol standar.

KESIMPULAN

Penyakit Dekompresi / Decompression Sickness (DCS) dapat terjadi akibat tekanan lingkungan yang menurun pada saat penyelam naik ke permukaan. Penurunan tekanan lingkungan ini menyebabkan gas inert terlarut dalam jaringan keluar dari bentuk larutnya dan memasuki fase gas. Akibatnya terjadi pembentukan gelembung gas di jaringan, di arteri darah vena, otot, sendi dan saraf. Nitrogen yang diserap oleh tubuh penyelam saat menyelam dapat keluar dari fase larut & membentuk gelembung di cairan dan jaringan tubuh. Gejala biasanya muncul segera setelah penyelam naik ke permukaan permukaan hingga 48 jam sesudahnya. Ada 3 Tipe Penyakit Dekompresi: Type 1 (Pain Only), Type 2 (Cardiopulmonary, Gangguan Susunan Saraf Pusat, Spinal, Vestibular) dan Type 3 (Cerebral Arterial Gas Embolism). Pertolongan pertama dilakukan dengan Pemberian Oksigen 100%, rehidrasi dan pengobatan simptomatis. Pengobatan utamanya adalah Terapi Oksigen Hiperbarik/ Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT). Terapi Oksigen Hiperbarik pada Penyakit Dekompresi bermanfaat untuk memperkecil volume gelembung gas, mempercepat resolusi gelembung gas dan Oksigenasi jaringan iskemik/hipoksia. Upaya Pencegahan Penyakit Dekompresi dapat dilakukan dengan perencanaan penyelaman dengan baik, menggunakan tabel/ komputer penyelaman, tidak naik ke permukaan (ascent) terlalu cepat, membatasi waktu penyelaman tidak melebihi batas yang diijinkan, serta tidak bepergian ke ketinggian/ naik pesawat segera setelah menyelam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya atas dukungan dan kontribusi yang tak ternilai dalam penyelesaian publikasi jurnal ini kepada para Dosen dan Program Studi Spesialis Kedokteran Kelautan atas bimbingan, ilmu, dan fasilitas yang telah diberikan; Dekan Fakultas Kedokteran atas dukungan institusional dan kesempatan yang diberikan; Direksi dan Staf Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah atas izin, fasilitas, dan bantuan dalam pengumpulan data serta penanganan pasien; seluruh Dosen di lingkungan Fakultas Kedokteran yang telah memberikan inspirasi dan pengetahuan; serta seluruh Peserta Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) yang telah berbagi pengalaman dan semangat. Semoga kontribusi Bapak/Ibu/Saudara sekalian menjadi amal jariyah dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Waili, N. S., & Butler, G. J. (2006). Effects of hyperbaric oxygen on inflammatory response to wound and trauma: possible mechanism of action. *TheScientificWorldJournal*, 6, 425–441. <https://doi.org/10.1100/tsw.2006.78>
- Arif Rahman Nurdianto, Aryati, Mohammad Guritno Suryokusumo, M. (2019). Hang tuah medical journal. *Downregulates of ICAM1 Expression in Myometrium from Pregnant Rattus Norvegicus Infected with Tachyzoite of Toxoplasma Gondii with Hyperbaric Oxygen Therapy*, 17, 77–83.
- Balestra, C. (1990). *2.1_Balestra Haldane 2009.pdf*. DCI, 1–12.
- Bennett, Michael, Brusasco, E., & Ghanem, A. (2006). How to treat : Decompression Illness. *Rural Doctor, March*, 1–4.
- Bennett, Mike, Richardson, K., Bowen, S., Smart, D., Smart, D., Hawkins, G., Goble, S., Sharp, F., & Bryson, P. (1995). Diving and hyperbaric medicine abstracts. In *Undersea & hyperbaric medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc* (Vol. 22, Issue 1).
- Chevasutho, P., Premmaneesakul, H., & Sujiratan, A. (2022). Descriptive study of decompression illness in a hyperbaric medicine centre in Bangkok, Thailand from 2015 to 2021. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 52(4), 277–280. <https://doi.org/10.28920/dhm52.4.277-280>
- Commander NSSC, M. U. N. D. (2017). US Navy Diving Manual Rev. 7 Commander NSSC, Manual US Navy Diving. *Journal of Traumatic Stress*, 2(56), 991. https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/US DIVING MANUAL_REV7.pdf

- Denoble, P., Bird, N., & Chimiak, J. (2019). *Treatment of Decompression Illness in Recreational Diving* :
- Edmonds, C. (2013). Diving Medicine For Scuba Divers. In *Carl Edmonds, Australia: Vol. 5th Editio* (Issue 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Gill, A. L., & Bell, C. N. (2004). Hyperbaric oxygen: Its uses, mechanisms of action and outcomes. *QJM - Monthly Journal of the Association of Physicians*, 97(7), 385–395. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hch074>
- Hardy, K. R. (1997). *DIVING-RELATED EMERGENCIES*. 15(1), 223–240.
- Indah, C. T. L., Arimbawa, I. K., Widyantara, I. W., Laksmidewi, A. A. P., Putra, I. B. K., & Devi, A. (2023). Characteristics of patients with decompression illness at the hyperbaric polyclinic of Prof IGNG Ngoerah General Hospital Bali before the COVID-19 pandemic. *International Journal of Health & Medical Sciences*, 6(3), 173–179. <https://doi.org/10.21744/ijhms.v6n3.2187>
- Jamharee, F., Yazid, A., Noh, M., Hairulnizam, T., Kamauzaman, T., Abdullah, A., & Nor, J. (2016). a Descriptive Study of Decompression Illness Among Scuba Divers Treated With Hyperbaric Oxygen Therapy At a Military Hospital-Based Recompression Facility in Peninsular Malaysia. *Malaysian Journal of Emergency Medicine*, 1(1), 11–23. <https://www.m-jem.com/index.php/mjem/article/view/3%0Ahttps://www.m-jem.com>
- Liow, M. H. L., Chong, S. J., & Kang, W. L. (2009). A tale of three divers: Recompression therapy for divers with severe Type II decompression sickness with neurological deficits. *Singapore Medical Journal*, 50(5), 173–175.
- Moon, R. E., & Mitchell, S. (2019). Hyperbaric treatment for decompression sickness: current recommendations. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 46(5), 685–693. <https://doi.org/10.22462/10.12.2019.14>
- Moon, R. E., & Mitchell, S. J. (2021). Hyperbaric oxygen for decompression sickness: 2021 update. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 48(2), 195–203. <https://doi.org/10.22462/03.04.2021.11>
- Nurdianto, A. R., Aryati, A., Suryokusumo, M. G., & Mufasirin, M. (2019a). Elevation of Bcl2 expression in artery spiralis of pregnant Rattus norvegicus infected with Tachyzoite of Toxoplasma gondii with hyperbaric oxygen therapy. *Qanun Medika - Medical Journal Faculty of Medicine Muhammadiyah Surabaya*, 3(2), 157. <https://doi.org/10.30651/jqm.v3i2.2706>
- NURDIANTO, A. R., ARYATI, A., SURYOKUSUMO, M. G., & MUFASIRIN, M. (2019). Downregulates of ICAM1 expression in Myometrium from pregnant Rattus novergicus infected with Tachyzoite of Toxoplasma gondii with Hyperbaric Oxygen Therapy. *Hang Tuah Medical Journal*, 17(1), 77. <https://doi.org/10.30649/htmj.v17i1.200>
- Nurdianto, A. R., Aryati, A., Suryokusumo, M. G., Mufasirin, M., Suwanti, L. T., Sunarjo, Sardjono, T. W., & Dachlan, E. G. (2020). Effects of hyperbaric oxygen therapy on IL-17, fetal body weight and total fetus in pregnant Rattus norvegicus infected with tachyzoite Toxoplasma gondii. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(3), 628–634. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.3.84>
- Nurdianto, A. R., Aryati, Suryokusumo, M. G., & Mufasirin. (2019b). Effect of hyperbaric oxygen therapy to IFN gamma and TNF alpha expression in pregnant Rattus novergicus infected with Tachyzoite of Toxoplasma gondii. *Bali Medical Journal*, 8(1), 94–100. <https://doi.org/10.15562/bmj.v8i1.1316>
- Nurdianto, A. R., Harnanik, T., & Setiawan, F. (2024). *Pendekatan Hyperbaric Oxygen Therapy pada Pasien dengan Polycystic Ovary Syndrome Approach of Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients with Polycystic Ovary Syndrome*. 2(2), 166–175.

- Nurdianto, A. R., & Suryokusumo, M. G. (2020). *Efek Proteksi dari Terapi Oksigen Hiperbarik terhadap Ekspresi Bcl-2 Miometrium Rattus norvegicus Bunting yang Terinfeksi oleh Tachyzoite Toxoplasma gondii Protective Effect of Hyperbaric Oxygen Therapy to Bcl-2 Expression in the Myometrium of Pregnant Ra.* 2071(1), 85–96.
- Pollock, N. (2020). *HEALTH & DIVING REFERENCE SERIES decompression sickness decompression sickness divers alert network.*
- Risdall, J. E. (2016). Decompression illness. *Ernsting's Aviation and Space Medicine: Fifth Edition*, 567–577. <https://doi.org/10.1201/b13197-44>
- Sheffield, P. J., & Pirone, C. J. (n.d.). Decompression Sickness in Inside Attendants. *Hyperbaric Facility Safety - a Practical Guide*, 643–663.
- Tetzlaff, K., & Muth, C. M. (2024). Physiological Challenges and Adaptations in Competitive Freediving. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 75(6), 207–215. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2024.613>