

Narkosis Nitrogen : Penurunan Kesadaran Pada Penyelam

M. Fathir Rahadian Ansary¹

¹ Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/jk.v14i3.7618>

Article Info

Received : August 13, 2025
Revised : September 12, 2025
Accepted : September 19, 2025

Abstract: Narkosis nitrogen adalah gangguan neurologis reversibel yang terjadi akibat peningkatan tekanan parsial nitrogen selama penyelaman dalam dengan scuba. Meskipun nitrogen merupakan gas inert yang menyusun sekitar 79% udara atmosfer, pada tekanan tinggi gas ini mudah larut ke dalam jaringan tubuh, terutama jaringan saraf yang kaya lemak, sesuai dengan hukum kelarutan gas. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan fungsi kognitif dan motorik, seperti euforia, penurunan kemampuan berpikir, reaksi lambat, hingga halusinasi atau hilangnya kesadaran pada kedalaman ekstrem. Tujuan tinjauan ini adalah untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai mekanisme kerja, faktor risiko, manifestasi klinis, dan strategi pencegahan narkosis nitrogen. Pencegahan mencakup pembatasan kedalaman penyelaman, serta peningkatan pelatihan dan kesadaran penyelam. Upaya edukasi dan infrastruktur keselamatan yang memadai sangat penting untuk menurunkan risiko dan dampak fatal akibat narkosis nitrogen.

Keywords: Narkosis nitrogen, Penyelaman scuba, Fisiologi hiperbarik, Tekanan parsial, Gangguan neurologis

Citation: Ansary, M. F. R. (2025). Narkosis Nitrogen : Penurunan Kesadaran Pada Penyelam. *Jurnal Kedokteran Unram*, 14 (3), 138-142. DOI: <https://doi.org/10.29303/jk.v14i3.7618>

Pendahuluan

Nitrogen adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, dan secara kimia tergolong *inert*, artinya bersifat sangat lambat bereaksi yang menyusun sekitar 79 % atmosfer bumi. Dalam kondisi tekanan tinggi seperti menyelam, nitrogen mengalami peningkatan tekanan parsial yang signifikan, sehingga terdisosiasi ke dalam jaringan tubuh menurut hukum Henry (Mitchell, 2024). Sifat inert gas ini membuat nitrogen sering dipakai sebagai gas campuran dalam berbagai aplikasi industri, termasuk produksi amonia (Campbell, 2020).

Dalam konteks penyelaman *scuba*, nitrogen berperan penting sebagai bagian dari campuran pernapasan. Banyak orang menyangka bahwa para penyelam hanya menghirup oksigen murni, di bawah tekanan tinggi, oksigen dapat bersifat toksik dan

memicu kejang atau cedera sistem saraf pusat, maka tabung *scuba* umumnya berisi udara terkompresi (21 % oksigen + 79 % nitrogen) atau campuran Nitrox dengan fraksi nitrogen serupa untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan oksigen dan risiko toksisitas oksigen (Wells, 1988 ; Scuba Guide, 2023)

Penyelaman di perairan dalam dapat menaikkan tekanan, tekanan tinggi nitrogen pada tubuh menyebabkan kondisi yang dikenal narkosis nitrogen. Gangguan ini tampak sebagai perubahan kesadaran, koordinasi neuromuskular, dan kemampuan pengambilan keputusan bahkan pada kedalaman sekitar 30 m yang bisa membahayakan keselamatan penyelam (Ahti dan Wikgren, 2023). Tinjauan ini bertujuan sebagai informasi mengenai narkosis nitrogen sangat penting dalam dunia penyelaman, mulai dari

mengenali gejala dan tanda-tandanya, memahami berbagai faktor yang dapat mempengaruhinya, hingga mengetahui dampaknya terhadap sel-sel tubuh. Pemahaman tentang langkah-langkah pencegahan narkosis nitrogen juga diperlukan guna meminimalkan risiko gangguan yang dapat terjadi selama menyelam di kedalaman.

Definisi

Narkosis nitrogen adalah gangguan kesadaran reversibel yang muncul saat penyelam bernapas dengan gas seperti nitrogen di bawah tekanan tinggi (Bosco et al., 2023). Kondisi ini ditandai dengan gangguan fungsi kognitif dan neuromuskular, mirip seperti keracunan alkohol ringan (Kirkland dan Cooper, 2023). Dalam praktik selam, efek narkosis mulai terasa pada tekanan sekitar 4 atm, berkisar 30 meter kedalaman air, di mana tekanan parsial nitrogen dalam jaringan saraf tinggi (Bosco et al., 2023). Dengan kata lain, semakin dalam penyelaman (semakin tinggi tekanan), semakin kuat efek narkosisnya.

Pada kondisi normal permukaan laut (1 atm), tekanan parsial nitrogen $\sim 0,79$ atm, namun setiap penurunan 10 m, tekanan *ambient* bertambah 1 atm sehingga tekanan parsial juga meningkat (Clark, 2015). Contoh pada kedalaman 20 m (≈ 3 atm), kadar nitrogen yang tinggi dalam sistem saraf ini menyebabkan gangguan kesadaran dan perilaku.

Penyebab dan Mekanisme

Penyebab utama narkosis nitrogen adalah tekanan parsial nitrogen yang meningkat saat menyelam dalam. Sesuai hukum Dalton dan Henry, ketika seorang penyelam turun, gas di dalam tabung ikut mengalami kenaikan tekanan sehingga lebih banyak nitrogen yang larut ke dalam darah dan jaringan. Tekanan parsial nitrogen yang tinggi di otak menimbulkan efek anestesi, seperti terasa mabuk tanpa konsumsi alkohol. Paparan gas pada tekanan tinggi adalah penyebabnya (Clark, 2015).

Narkosis nitrogen terjadi sebagai akibat dari peningkatan tekanan lingkungan saat seseorang menyelam ke laut dalam. Semakin dalam seorang penyelam berada, tekanan air meningkat secara signifikan sekitar dua kali lipat di kedalaman 30 kaki (± 10 meter) dari permukaan laut. Udara yang digunakan untuk bernapas di bawah air, seperti pada *scuba diving*, mengandung sekitar 79% nitrogen. Sesuai dengan Hukum Henry, semakin tinggi tekanan parsial suatu gas, maka semakin besar pula kelarutannya dalam

cairan tubuh. Nitrogen dalam metabolik tidak aktif tetapi bersifat sangat larut dalam lemak dan jaringan saraf. Nitrogen lebih mudah larut ke dalam membran lipid neuron, sehingga terjadi gangguan pada fungsi neuron, termasuk penurunan kesadaran dan gangguan transmisi sinyal antar sel saraf, hal ini yang menyebabkan penyelam mulai merasakan efek seperti mabuk, euforia, mengantuk, hingga disorientasi mental (Sherwood, 2017).

Mekanisme Seluler

Terdapat dua teori utama yang menjelaskan mekanisme nitrogen dalam menimbulkan efek narkotik, yaitu teori kelarutan lemak dan teori ikatan protein. Berdasarkan teori kelarutan lemak, nitrogen larut dalam lapisan lemak pada membran sel dan menyebabkan pelebaran struktur membran. Pelebaran ini mengganggu fungsi saluran ion transmembran, mengacaukan aliran ion, dan menghambat penghantaran potensial aksi. Nitrogen akan menempati pori-pori pada daerah hidrofobik membran sel, yang menurunkan permeabilitas membran.

Berdasarkan teori ikatan protein, melalui reseptor GABA A, nitrogen akan berikatan dengan reseptor -aminobutyric acid type A (GABA A). Pengikatan nitrogen ke reseptor GABA A menyebabkan peningkatan arus klorida ke dalam membran, mengakibatkan hiperpolarisasi membran (Vrijdag, 2021). Melalui reseptor NMDA Interaksi kedua adalah melalui pemblokiran reseptor glutamat yang diaktifkan oleh N-methyl-D aspartate (NMDA). Dengan penyumbatan pengikatan glutamat pada rangsang sinaps, masuknya ion menurun, dan karenanya sinyal saraf dihambat (Vrijdag, 2021).

Faktor yang Mempengaruhi Narkosis Nitrogen

Tingkat dan kecepatan timbulnya narkosis nitrogen dipengaruhi oleh beberapa faktor, dimana kedalaman penyelaman sebagai faktor utamanya. Semakin dalam maka tekanan atmosfer semakin tinggi, semakin besar tekanan nitrogen dalam tubuh sehingga efeknya akan semakin parah jika menyelam terlalu dalam (Clark, 2015). Efek narkosis mulai terlihat signifikan ketika menyelam sedalam 30 meter atau sebanding dengan 4 atmosfer (Bosco., 2023) Pada kedalaman 150 hingga 200 kaki ($\pm 50-65$ meter), penyelam mulai mengalami rasa mengantuk akibat efek narkosis nitrogen (John E. Hall, 2011). Ketika mencapai kedalaman 200 hingga 250 kaki ($\pm 65-80$ meter), kemampuan fisik penyelam menurun drastis, bahkan

sering kali terlalu lemah untuk melakukan tugas-tugas yang diperlukan (John E. Hall, 2011). Pada kedalaman lebih dari 250 kaki (>80 meter) dengan tekanan sekitar 8,5 atmosfer, efek narkosis semakin parah, hingga penyelam hampir tidak mampu melakukan aktivitas apapun apabila berada terlalu lama di kedalaman tersebut (John E. Hall, 2011).

Faktor fisiologis penyelam dapat mempengaruhi kepekaan. Menurut data, penyelam yang kelelahan, hipotermia, atau hiperkapnia menunjukkan gejala lebih berat, aktivitas fisik berlebih selama menyelam, seperti berenang melawan arus, dapat meningkatkan kadar karbon dioksida (CO₂) dalam darah, yang diketahui memiliki potensi narkotik sekitar 20 kali lebih kuat.

Faktor psikologis dapat meningkatkan kepekaan. Penyelam gelisah atau panik mungkin mengalami efek narkosis lebih cepat (Clark, 2015). Konsumsi alkohol atau obat-obatan seperti antidepresan lainnya dapat menambah efek sedatif. Penyelam yang minum alkohol sebelum menyelam akan lebih rentan memunculkan gejala narkosis (Michalodimitrakis dan Patsalis, 1987).

Tanda dan Gejala

Gejala narkosis nitrogen pada penyelam bervariasi tergantung pada kedalaman penyelaman dan tekanan parsial nitrogen (pN₂) yang terpapar. Berdasarkan (Clark, 2015) beberapa gejala yang sudah dikategorikan, pada kedalaman dangkal, antara 0 hingga 10 meter di bawah permukaan laut (msw), dengan tekanan atmosfer sekitar 1-2 atm dan pN₂ sebesar 0,79-1,58 atm, gejala umumnya tidak terlihat langsung, biasanya hanya berupa perubahan perilaku yang sangat halus dan sering kali tidak disadari oleh penyelam itu sendiri. Seiring bertambahnya kedalaman ke rentang 10-30 msw (pN₂ 1,58-3,16 atm), mulai terjadi gangguan ringan seperti penurunan kemampuan dalam menyelesaikan tugas-tugas yang belum dikuasai, serta gangguan penalaran sederhana.

Ketika penyelam mencapai kedalaman 30-50 msw, dengan tekanan parsial nitrogen 3,16-4,74 atm, gejala menjadi lebih nyata. Respons terhadap rangsangan visual dan auditori mulai melambat, disertai dengan kesalahan kalkulasi dan pengambilan keputusan yang buruk. Sebuah penelitian menyebutkan bahwa kinerja sensorik dan motorik tetap terganggu bahkan setelah keluar dari kedalaman 33 m, menunjukkan efek narkosis yang bertahan pasca-penyelaman (Lafère et al., 2016).

Beberapa kasus menyebutkan, penyelam mengalami amnesia ringan, perasaan terlalu percaya diri, fiksasi terhadap ide tertentu, serta rasa nyaman yang tidak sesuai dengan situasi sebenarnya. Tawa yang

tidak terkendali sering diamati di ruang hiperbarik, sedangkan di lingkungan perairan dingin, rasa cemas lebih dominan (Clark, 2015). Penelitian yang dilakukan menemukan, pada tekanan 500 kPa (~40 msw), penyelam mengalami penurunan amplitudo gelombang P3 pada hasil rekaman ElectroEncephaloGraphy, menandakan penurunan kinerja kognitif dan risiko kesalahan selama menyelam (Karakaya et al., 2021).

Pada kedalaman 50-70 msw (pN₂ 4,74-6,32 atm), gangguan kognitif menjadi lebih serius. Penyelam dapat menunjukkan penurunan kemampuan menilai situasi secara rasional, kebingungan, hingga munculnya halusinasi. Keterlambatan dalam merespons instruksi atau sinyal menjadi lebih terlihat, dan dalam kondisi tertentu, penyelam bisa mengalami tawa histeris atau bahkan rasa takut ekstrem (Clark, 2015).

Dampak narkosis nitrogen mencapai puncaknya pada kedalaman 70-90 msw, di mana tekanan parsial nitrogen berkisar antara 6,32-7,90 atm. Pada tahap ini, kebingungan mental, hilangnya memori, dan kondisi seperti stupor dapat muncul, yang mengarah pada penurunan kemampuan membuat keputusan secara signifikan. Terlihat dari hasil penelitian yaitu menunjukkan penurunan kemampuan pengambilan keputusan di kedalaman 30 m dibandingkan 5 m, mengindikasikan efek pada fungsi eksekutif otak (Ahti dan Wikgren, 2023). Kedalaman lebih dari 90 msw dengan pN₂ melebihi 7,90 atm, efek narkotik nitrogen menjadi sangat berbahaya. Penyelam dapat mengalami halusinasi berat, peningkatan tajam dalam persepsi visual dan auditori, kehilangan kesadaran, bahkan risiko kematian (Clark, 2015).

Pencegahan

Penyelam sebaiknya membatasi kedalaman penyelaman hingga kurang dari 30 meter karena narkosis nitrogen menjadi lebih parah seiring bertambahnya kedalaman. Semakin dalam penyelaman semakin banyak pula nitrogen yang larut dalam jaringan tubuh penyelam. Tinggi kadar nitrogen di dalam jaringan tubuh bergantung kepada kedalaman dan lamanya penyelaman. Semakin dalam dan lama suatu penyelaman semakin tinggi pula kadar nitrogen yang larut ke dalam tubuh penyelam (Ahti dan Wikgren, 2023). Menghindari faktor resiko internal yang dipengaruhi oleh kondisi tubuh penyelam seperti kelelahan, hipotermia, atau hiperkapnia dan aktivitas fisik berlebih selama menyelam (Clark, 2015).

Sebuah penelitian mengungkapkan bahwa pentingnya peningkatan kesadaran terhadap berbagai risiko kesehatan dan keselamatan yang melekat dalam aktivitas penyelaman. Hasilnya menunjukkan bahwa narkosis nitrogen menempati urutan teratas sebagai

gangguan yang paling umum dialami oleh penyelam (17%). Tingginya prevalensi cedera ini menunjukkan bahwa banyak penyelam belum sepenuhnya memahami mengenali tanda-tanda awal gangguan tersebut. Penelitian juga menemukan bahwa sebagian besar pusat pelatihan selam belum menerapkan protokol keselamatan laut secara menyeluruh, tidak menyediakan program rehabilitasi yang memadai, dan minim dalam kesiapan peralatan darurat seperti ruang dekompresi, oksigen, dan sarana komunikasi darurat. Temuan ini menyoroiti perlunya pendekatan edukatif yang lebih kuat, penyediaan infrastruktur keselamatan yang memadai, serta peran aktif penyelam dan instruktur dalam mengenali risiko dan bertindak cepat sebelum kondisi menjadi fatal (Elbaradie, 2020).

Kesimpulan

Narkosis nitrogen merupakan gangguan neurologis yang timbul akibat peningkatan tekanan parsial nitrogen saat menyelam dalam, yang mengganggu fungsi saraf melalui interaksi dengan membran lipid dan reseptor neurotransmitter. Kondisi ini dapat mengganggu kesadaran, fungsi kognitif, dan respons motorik, sehingga membahayakan keselamatan penyelam. Kedalaman, durasi penyelaman, dan kondisi fisiologis penyelam menjadi faktor penentu beratnya gejala. Pencegahan efektif meliputi pembatasan kedalaman, dan peningkatan edukasi mengenai tanda, risiko, serta protokol keselamatan. Perlunya upaya lebih besar dalam pelatihan dan penyediaan infrastruktur darurat untuk menurunkan prevalensi gangguan ini dan meningkatkan keselamatan dalam dunia penyelaman.

Referensi

- Ahti, P. A., & Wikgren, J. (2023). Rapture of the deep: Gas narcosis may impair decision-making in scuba divers. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 53(4), 306–312. <https://doi.org/10.28920/dhm53.4.306-312>
- Bosco, G., Giacon, T. A., & Paolucci, N. (2023). Kehilangan dopamin/BDNF menggarisbawahi gangguan kognitif narkosis pada penyelam: Bukti konsep dalam kondisi kering. *European Journal of Applied Physiology*, 123, 143–158. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05055-6>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2020). *Biology* (12th ed.). Pearson.
- Clark, J. E. (2015). Moving in extreme environments: Inert gas narcosis and underwater activities. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s13728-014-0020-7>
- Elbaradie, M. Y. (2020). Evaluating marine safety factors and their relationship to diving accidents and diseases. *Journal of Applied Sciences and Safety*, 10(1), 9–20. <https://doi.org/10.21608/JASS.2020.29819.1001>
- Hall, J. E. (2011). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (12th ed.). Elsevier.
- Karakaya, H., Aksu, S., Egi, S. M., Aydin, S., & Uslu, A. (2021). Effects of hyperbaric nitrogen narcosis on cognitive performance in recreational air SCUBA divers: An auditory event-related brain potentials study. *Annals of Work Exposures and Health*, 65(5), 505–515. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa132>
- Kirkland, P. J., Mathew, D., Modi, P., & Cooper, J. S. (2023). Nitrogen narcosis in diving. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555951/>
- Lafère, P., Balestra, C., Hemelryck, W., Guerrero, F., & Germonpré, P. (2016). Do environmental conditions contribute to narcosis onset and symptom severity? *International Journal of Sports Medicine*, 37(14), 1124–1128. <https://doi.org/10.1055/s-0042-110573>
- Michalodimitrakis, E., & Patsalis, A. (1987). Nitrogen narcosis and alcohol consumption—A scuba diving fatality. *Journal of Forensic Sciences*, 32(4), 1095–1097. <https://doi.org/10.1520/JFS12421J>
- Mitchell, S. J. (2024). Decompression illness: A comprehensive overview. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 54(1 Suppl), 1–53. <https://doi.org/10.28920/dhm54.1.suppl.1-53>
- Querido, A. L. (2017). Menyelam dan antidepresan. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 47(4), 253–256. <https://doi.org/10.28920/dhm47.4.253-256>
- Scuba Guide. (2023). Nitrox diving: Benefits, limits, and differences compared to air diving. <https://scuba-guide.com/wiki/nitrox-diving/>

- Sherwood, L. (2017). Fisiologi manusia: Dari sel ke sistem (8th ed.; H. O. Ong, A. A. Mahode, & D. Ramadhani, Eds.). EGC.
- Vrijdag, X. C. E. (2021). Monitoring gas narcosis in hyperbaric environments [Doctoral dissertation, University of Auckland]. University of Auckland Research Repository.
- Wells, J. M. (1988). The use of nitrogen-oxygen as divers breathing gas. In OCEANS '88. A Partnership of Marine Interests. Proceedings (pp. 1305-1308). IEEE. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1988.794971>