

Penyakit Caisson pada Penyelam

Ni Made Ayu Linggayani¹, M. Ricky Ramadhian²

¹Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

²Bagian Mikrobiologi dan Parasitologi, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

Abstrak

Penyakit Caisson atau penyakit dekompresi merupakan penyakit yang cukup banyak ditemui di negara kepulauan. Penyakit ini dapat menyerang siapa saja yang melakukan penyelaman baik untuk rekreasi maupun sebagai mata pencaharian. Penyakit dekompresi merupakan suatu kumpulan gejala yang disebabkan karena terlepasnya gelembung udara ke dalam darah atau jaringan selama atau setelah terjadinya penurunan tekanan pada lingkungan (dekompresi), sehingga penyakit ini berisiko tinggi untuk terjadi pada penyelam. Gejala yang muncul pada penyakit dekompresi bervariasi dari gejala ringan hingga fatal, dari hanya berupa nyeri otot ringan hingga kelumpuhan. Penegakkan diagnosis dapat dilakukan berdasarkan anamnesis dan pemeriksaan fisik serta tidak membutuhkan pemeriksaan penunjang karena keterlambatan penanganan pada kasus yang berat dapat berakibat fatal. Penyakit ini merupakan suatu penyakit yang dapat dicegah dengan memperhatikan faktor-faktor risiko yang ada.

Kata kunci: *caisson disease*, penyakit dekompresi, penyelam, sindrom dekompresi

Caisson Disease Among Divers

Abstract

Caisson disease or decompression sickness is a common disease in an archipelagic country. The disease can happen to everyone who dives either for recreational diving or diving as livelihood. This decompression sickness is a group of syndromes caused by the release of air bubbles to the vascular or body tissue during or after the decline of pressure on the environment (decompression). The symptoms of this disease varied from the mild symptoms to severe symptoms, from mild muscular soreness to paralysis. Diagnosis of this disease is established by history taking and physical examination. There is no additional workup needed because delayed treatment in severe case is associated with fatal outcome. Caisson disease is a preventable disease by paying attention to its risk factors.

Key words: caisson disease, decompression sickness, decompression syndrome, diver

Korespondensi :Ni Made Ayu Linggayani |Jl. Melati no. 45, Labuhan Dalam, Tanjung Senang, Bandar Lampung |HP 082221318000 |email: linggayaniayu@gmail.com

Pendahuluan

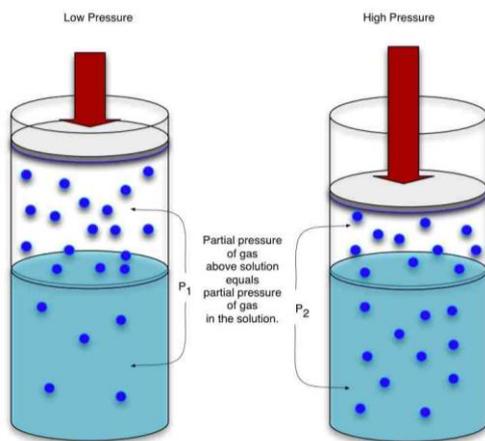
Indonesia merupakan negara kepulauan dengan daya tarik wisatawan yang tinggi. Sepanjang tahun banyak wisatawan baik lokal maupun mancanegara yang datang untuk menikmati keindahan laut Indonesia dengan menyelam. Selain wisatawan banyak juga masyarakat Indonesia yang mencari ikan dengan cara menyelam pada laut dalam. Namun ternyata aktivitas menyelam ini berisiko menyebabkan penyakit dekompresi. Penyakit dekompresi atau sindroma dekompresi merupakan suatu kumpulan gejala yang disebabkan terbentuknya gelembung udara ke dalam darah atau jaringan selama atau setelah terjadinya penurunan tekanan pada lingkungan (dekompresi), sehingga penyakit ini berisiko tinggi terjadi pada

penyelam. Di Indonesia, prevalensi terjadinya penyakit dekompresi belum diketahui secara pasti. Di Eropa, diperkirakan terdapat 10-100 orang penyelam per-tahun yang mengalami cedera dan membutuhkan penanganan rekompresi akibat penyakit dekompresi yang dialami.^{1,2} Gejala penyakit dekompresi ini bervariasi mulai dari kelelahan, pusing, nyeri sendi, sesak nafas, kelumpuhan, hingga kematian. Penyakit ini merupakan suatu penyakit yang dapat dihindari apabila penyelam memahami faktor risiko yang ada.

Isi

Penyakit dekompresi disebabkan karena masuknya udara ke dalam sirkulasi darah atau jaringan setelah atau selama terjadinya penurunan tekanan di lingkungan sekitar.³

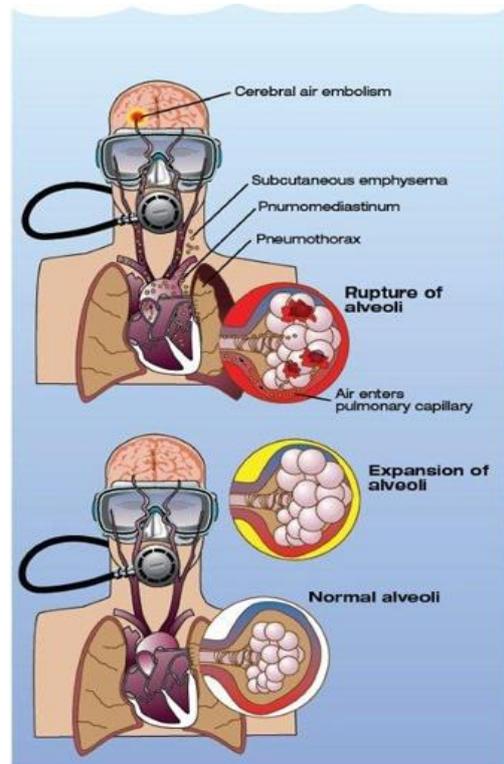
Udara tersebut berasal dari gas mulia (umumnya gas nitrogen) yang secara normal terlarut di dalam cairan tubuh dan jaringan. Gas tersebut kemudian terlepas dari cairan fisiologis dan membentuk gelembung udara pada lingkungan dengan tekanan rendah. Berdasarkan hukum Henry, ketika tekanan gas pada cairan berkurang maka gas yang terlarut dalam cairan tersebut juga berkurang. Sedangkan apabila tekanan gas pada cairan meningkat, maka gas yang terlarut dalam cairan juga meningkat.⁴



Gambar 1. Hukum Henry⁴

Hal ini yang terjadi di dalam tubuh manusia. Nitrogen merupakan gas mulia yang secara normal tersimpan di dalam jaringan dan cairan tubuh manusia. Peningkatan tekanan yang terjadi saat menyelam menyebabkan jumlah nitrogen yang terlarut dalam cairan dan jaringan tubuh juga meningkat. Saat penyelam naik ke permukaan terlalu cepat, hal tersebut menyebabkan nitrogen yang terlarut kembali ke dalam bentuk gas saat masih berada di cairan dan jaringan tubuh yang menimbulkan terbentuknya gelembung udara.⁴ Penyakit dekompresi dimulai dengan terbentuknya gelembung ekstrasvaskular dan intravaskular yang semakin membesar ketika akumulasi tekanan gas terlarut (oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan helium) dan uap air melebihi tekanan absolut lokal. Emboli udara pada penyakit dekompresi dapat terjadi pada pembuluh darah arteri maupun vena. Pada umumnya emboli pembuluh darah arteri disebabkan oleh pendakian yang cepat, naik ke atas permukaan dengan cepat setelah menyelam, menahan napas, dan adanya

riwayat penyakit paru (seperti asma). Faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya penyakit dekompresi antara lain ialah kondisi lingkungan yang hangat atau dingin, aktivitas menyelam, latihan fisik atau pemanasan, dan suhu lingkungan.^{3,5}



Gambar 2. Barotrauma pulmonal pada penyelam³

Ketika dibawah tekanan maka aktivitas menyelam, latihan fisik, atau kondisi lingkungan yang panas akan meningkatkan penyerapan gas inert sehingga risiko penyakit dekompresi akan meningkat. Selama proses dekompresi (proses naik ke permukaan setelah menyelam) faktor-faktor tersebut akan meningkatkan eliminasi gas *inert* sehingga risiko penyakit dekompresi akan menurun. Hal yang sebaliknya terjadi apabila seorang penyelam sedang beristirahat pada kondisi lingkungan yang dingin maka risiko penyakit dekompresi akan berkurang. Risiko penyakit dekompresi akan meningkat jika selama proses dekompresi penderita beristirahat atau proses dekompresi dilakukan pada kondisi lingkungan yang dingin.³

Tidak ada kedalaman spesifik yang menjadi batas minimal absolut untuk terjadinya penyakit dekompresi. Semakin dalam kedalaman yang dicapai maka risiko

penyakit dekompresi akan semakin besar. Pajanan berulang atau penyelaman berulang dalam kurun waktu yang singkat meningkatkan risiko terjadinya penyakit dekompresi. Selain itu, semakin cepat terjadinya perubahan ketinggian, yaitu semakin singkat waktu yang diperlukan untuk naik ke permukaan, maka risiko terjadinya penyakit dekompresi juga akan semakin besar. Risiko penyakit dekompresi akan sangat meningkat jika penyelam naik ke permukaan dengan kecepatan >19 meter/menit. Pada penyelam *scuba*, penyelam diharuskan bernapas pada kondisi tekanan yang tinggi. Pada kondisi ini akan terjadi peningkatan kadar nitrogen yang terlarut di dalam tubuh. Semakin dalam menyelam maka laju saturasi nitrogen akan semakin besar, sehingga jika setelah menyelam waktu yang diberikan untuk eliminasi nitrogen terlalu singkat atau dengan kata lain penyelam secara cepat naik ke permukaan setelah menyelam maka risiko penyakit dekompresi menjadi sangat besar. Waktu juga memengaruhi terjadinya penyakit dekompresi. Semakin lama durasi pajanan pada wilayah bertekanan rendah maka risiko terjadinya penyakit dekompresi akan semakin besar. Faktor risiko lain adalah usia, semakin tua usia maka risiko terjadinya penyakit dekompresi akan semakin besar. Seseorang dengan komposisi lemak tubuh yang besar juga berisiko untuk mengalami penyakit dekompresi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya nitrogen yang tersimpan di dalam jaringan lemak.^{3,5,7,8,9}

Gejala yang muncul pada penyakit dekompresi bervariasi dari gejala ringan hingga fatal. Gejala yang muncul terjadi akibat iskemia jaringan yang disebabkan oleh emboli udara yang menghambat aliran darah pada arteri dan vena. Selama atau setelah menyelam gelembung udara akan dilepaskan melalui ekspansi terus menerus gas mulia di dalam jaringan perifer. Gejala yang ringan dapat berupa nyeri akibat gangguan mekanik yang ditimbulkan oleh gelembung udara ekstravaskular. Secara umum gejala penyakit dekompresi terbagi menjadi 2 kelompok yaitu gejala tipe 1 dan tipe 2. Pada gejala tipe 1 terdiri dari nyeri otot dan sendi, kelelahan, dan adanya gejala pada kulit. Gejala tipe 2 mencakup gejala-gejala pada sistem syaraf

pusat, sistem pernapasan, hingga sistem kardiovaskular. Gelembung udara juga dapat menyebabkan obstruksi pada vaskular sehingga muncul gejala stroke. Selain menyebabkan obstruksi, gelembung udara intravaskular dapat menyebabkan kebocoran kapiler, ekstrasvasi plasma, dan hemokonsentrasi. Emboli udara yang terjadi pada pembuluh arteri pada umumnya memengaruhi otak, namun beberapa kasus ditemukan ada pula yang menyebabkan dampak pada jantung dan organ tubuh lainnya. Emboli udara pada pembuluh darah arteri terjadi ketika gas di dalam alveolus mengembang dan menyebabkan bocornya kapiler pada alveolus sehingga menyebabkan udara masuk ke dalam sirkulasi arteri. Selain emboli pada pembuluh arteri, emboli udara juga dapat terjadi pada pembuluh vena. Sebagian besar emboli vena tidak menimbulkan gejala karena udara secara efektif telah terfiltrasi oleh sirkulasi pulmonal. Namun volume udara vena yang besar dapat menyebabkan batuk, sesak napas, dan edema paru. Selain itu, emboli udara pada pembuluh vena juga dapat berpindah ke pembuluh darah arteri sehingga menimbulkan gejala-gejala seperti pada emboli arteri.^{3,4}

Berdasarkan data *Divers Alert Network* tahun 1998-2004 gejala yang paling sering muncul pada penyakit dekompresi ialah nyeri (68%). Nyeri yang paling sering muncul adalah nyeri sendi sebanyak 58%, nyeri otot sebanyak 35%, dan nyeri pinggang sebanyak 7%. Meskipun gelembung udara dapat terbentuk di berbagai tempat di dalam tubuh, lokasi anatomik yang paling sering terkena dampaknya adalah bahu, siku, lutut, dan pergelangan kaki.⁴ Bahu merupakan lokasi tersering yang terkena dampak dari penyakit dekompresi. Gejala kedua terbanyak yang sering muncul akibat penyakit dekompresi ialah kesemutan atau parestesia sebanyak 63,4%. Gejala konstitusional yang muncul akibat penyakit dekompresi ialah sakit kepala, lelah, malaise, mual atau muntah, dan anoreksia. Kaku sendi, kram, dan spasme juga dapat menjadi tanda sindrom dekompresi. Secara umum gejala-gejala yang timbul setelah terjadinya dekompresi pada ketinggian tertentu dan dalam kurun waktu tertentu merupakan suatu penyakit dekompresi. Gejala-

gejala tersebut dapat muncul segera setelah berhenti menyelam, selama melakukan pendakian, beberapa jam setelah menyelam atau mendaki, hingga beberapa hari setelahnya. Bentuk yang paling berat dari penyakit dekompresi adalah emboli gas pada pembuluh arteri.^{3,4}

Penyakit dekompresi juga dapat menyebabkan terjadinya trombositopenia. Hal ini disebabkan oleh trombosit yang menempel pada gelembung gas nitrogen selama terjadinya penyakit dekompresi. Penyakit dekompresi juga dapat menyebabkan defisit neurologis. Spektrum defisit neurologis yang muncul akibat penyakit dekompresi ini bervariasi dari disfungsi kognitif, lesi nervus kranialis, hingga disfungsi korda spinalis akibat barotrauma. Kerusakan korda spinalis berupa hancurnya *white matter* akibat barotrauma atau akibat dari terbentuknya mikrotrombus pada sirkulasi spinal. Gejala lain yang dapat muncul akibat penyakit dekompresi adalah tuli sensori neural yang bersifat simetris bilateral maupun asimetris unilateral. Gangguan pendengaran ini terjadi akibat adanya barotrauma. Manifestasi lain yang dapat muncul pada gangguan pendengaran dapat berupa tinnitus dan vertigo.⁸

Diagnosis penyakit dekompresi ditegakkan berdasarkan anamnesis dan pemeriksaan fisik. Tidak ada pemeriksaan penunjang spesifik yang dapat dilakukan untuk mendeteksi penyakit dekompresi. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dapat dilakukan namun memiliki spesifisitas dan sensitivitas yang rendah. Perubahan radiologi dapat terjadi pada fase awal penyakit dekompresi. Emboli udara pada pembuluh arteri harus dicurigai pada penyelam yang menunjukkan gejala penurunan kesadaran, adanya gangguan neurologis fokal, atau kejang dalam beberapa menit setelah selesai menyelam. Jika penyelam melakukan penyelaman dalam kurun waktu yang cukup lama dan menghirup gas inert maka penyakit dekompresi akan terjadi bersamaan dengan emboli udara pada pembuluh arteri. Jika hal tersebut terjadi maka gejala utama yang akan muncul adalah gangguan pada tulang belakang. Penyakit dekompresi hampir tidak pernah terjadi setelah penyelaman pada kedalaman kurang dari 6 meter.^{3,8}

Gejala yang ringan seperti nyeri sendi dan otot pada umumnya akan berkurang seiring dengan berkurangnya kedalaman atau beberapa saat setelah selesai menyelam. Jika tanda dan gejala persisten maka tatalaksana yang dapat diberikan adalah memberikan 100% oksigen bertekanan tinggi atau *hyperbaric oxygen therapy* (HBOT). Sebagian besar gejala penyakit dekompresi akan segera berkurang jika terapi dilaksanakan dengan segera. Oksigen bertekanan tinggi mempercepat disolusi gas mulia di dalam pembuluh darah dan memberikan perfusi yang baik untuk jaringan yang rusak pada penyakit dekompresi. Tekanan udara 2 ATA (*atmosphere absolute*) akan mengurangi volume gelembung gas sebesar 50% dan radius gelembung sebesar 21,7%. Selain itu oksigen bertekanan tinggi dapat mencegah penyerapan gas mulia sehingga akan mempersingkat waktu pengobatan secara keseluruhan. Selain memberikan oksigen bertekanan tinggi, penyakit dekompresi diatasi juga dengan melakukan recompresi. Sesuai dengan hukum Boyle, recompresi akan mengurangi gelembung udara dengan melarutkan kembali gas mulia di dalam pembuluh darah dan jaringan serta menghilangkan obstruksi aliran darah dan stress jaringan.^{6,10}

Penggunaan oksigen bertekanan tinggi harus dilakukan dengan hati-hati karena oksigen memiliki efek toksik terhadap paru-paru dan sistem saraf pusat. Gejala intoksikasi oksigen terhadap susunan saraf pusat yang paling sering adalah kejang. Untuk mencegah intoksikasi oksigen hal yang harus dilakukan adalah membatasi penggunaan oksigen 100% hingga 3.0 ATA (*atmosphere absolute*) dan menggabungkan terapi ini dengan pernapasan udara bebas secara intermitten. Jika pada fasilitas kesehatan tidak tersedia oksigen bertekanan tinggi maka terapi yang cukup efektif untuk diberikan adalah inhalasi oksigen 100% dan metilprednisolon. Suatu penelitian menunjukkan bahwa pemberian oksigen 100% pada tekanan atmosfer yang normal hanya berhasil mengurangi gejala pada 42% kasus, sehingga teknik ini kurang efektif dibandingkan oksigen hiperbarik. Metode lain yang dikembangkan untuk mencegah penyakit dekompresi ialah recompresi di dalam air (*in-water recompression/IWR*).^{6,8,11,12}

Prinsip yang digunakan pada IWR ini ialah dengan mereproduksi efek ruang hiperbarik dengan membuat pasien menyelam kembali. Teknik dilakukan bersamaan dengan memberikan oksigen murni bertekanan tinggi kepada pasien. Hasil penelitian pada hewan menunjukkan bahwa teknik IWR (pasien kembali menyelam dengan oksigen selama 1 jam pada kedalaman 6 meter) efektif untuk mencegah pembentukan gelembung udara dan mengurangi tingkat mortalitas. Penelitian lain menunjukkan bahwa penyelaman kembali pada kedalaman 6 meter selama 10 menit dengan oksigen bertekanan tinggi lebih efektif untuk mengeliminasi gelembung udara di dalam pembuluh darah dibandingkan dengan pemberian oksigen selama 30 menit di atas permukaan laut. Meskipun memiliki keunggulan dibandingkan pemberian oksigen pada permukaan laut, teknik IWR ini memiliki risiko efek samping. Risiko efek samping yang dapat terjadi pada saat pelaksanaan IWR antara lain ialah tenggelam, hipotermia, hiperoksia, dan dehidrasi sehingga teknik ini harus dilaksanakan dengan sangat hati-hati.¹²⁻¹⁵

Untuk mencegah terjadinya penyakit dekompresi maka hal yang harus dilakukan adalah mengikuti instruksi dari instruktur penyelam selama melakukan penyelaman, tidak melakukan penyelaman pada pasien yang memiliki penyakit paru-paru atau sedang menderita infeksi paru-paru, serta tidak naik ke permukaan secara cepat setelah menyelam.^{6,8}

Ringkasan

Penyakit dekompresi merupakan penyakit yang berisiko tinggi terjadi pada penyelam dan disebabkan oleh terlepasnya gelembung gas inert ke dalam pembuluh darah dan jaringan akibat penurunan tekanan yang terjadi secara tiba-tiba. Faktor risiko terjadinya penyakit dekompresi adalah usia, suhu lingkungan, lama penyelaman, kecepatan naik ke permukaan setelah menyelam, serta riwayat gangguan pernapasan sebelumnya. Diagnosis penyakit dekompresi ditegakkan dengan anamnesis dan pemeriksaan fisik. Gejala yang muncul dapat bervariasi mulai dari nyeri otot ringan hingga disfungsi neurologis. Terapi utama yang dapat dilakukan adalah rekompresi

dan pemberian oksigen bertekanan tinggi pada kamar hiperbarik.

Simpulan

Penyakit dekompresi merupakan suatu penyakit yang timbul setelah kegiatan rekreasi, bersifat fatal, namun dapat dicegah. Setelah melakukan penyelaman maka seorang penyelam tidak boleh naik ke permukaan secara cepat, namun harus perlahan untuk memberikan waktu eliminasi gas inert di dalam tubuh. Semua pasien yang menunjukkan gejala penyakit dekompresi setelah menyelam harus dianggap mengalami penyakit dekompresi sampai terbukti bukan.

Daftar Pustaka

1. Kot J, Sicko Z, Micgalkiewicz M, Lizak E, Goralczyk P. Recompression treatment for decompression illness: 5-year report (2003-2007) from national centre for hyperbaric medicine in Poland. *Internat Marit Health* [internet]. 2008 [disitasi tanggal 1 Juli 2017]. Tersedia dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19227740>
2. Ari KS. Prevalensi dan faktor risiko kejadian penyakit dekompresi dan barotrauma pada nelayan penyelam di Kecamatan Karimunjawa Kabupaten Jepara tahun 2007 [tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada;2007
3. Vann DR, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet* [internet]. 2010 [disitasi tanggal 1 Juli 2017]. Tersedia dari [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(10\)61085-9.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(10)61085-9.pdf)
4. Lairez O, Cournot M, Minville V, Roncalli J, Austruy J, dkk. Risk of neurological decompression sickness in the diver with a right-to-left shunt: Literature review and meta-analysis. *Clin J Sport Med* [internet]. 2009 [disitasi tanggal 2 Juli 2017]. Tersedia dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19423977>
5. Barratt DM, Harch PG, Meter KV. Decompression sickness in divers: a review of the literature. *The Neurologist* [internet]. 2002 [disitasi tanggal 9 Agustus 2017]. Tersedia dari

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12803690>
6. Mahon RT, Regis DP. Decompression and decompression sickness. *Compr Physiol* [internet]. 2014 [disitasi tanggal 2 Juli 2017] Tersedia dari <http://www.comprehensivephysiology.com/WileyCDA/CompPhysArticle/refId-c130039.html>
 7. Russell TC, Honeycutt D. Decompression sickness (DCS) –“The Bends”. USA: University of Nevada Reno. (Diakses tanggal 9 Agustus 2017). Tersedia dari <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/14040/DecompressionSickness.pdf?sequence=1>
 8. Phatak UA, Kulkarni DP. Decompression syndrome (Caisson disease) in an Indian diver. *Ann Indian Acad Neurol* [internet]. 2010 [disitasi tanggal 9 Agustus 2017] Tersedia dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/article/s/PMC2981759/>
 9. Brown JR, Antunano MJ. Altitude induced decompression sickness [internet]. Oklahoma: Federal Aviation Administration. [disitasi tanggal 2 Juli 2017]. Tersedia dari <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/dcs.pdf>
 10. Xu W, Liu W, Huang G. Decompression illness:clinical aspects of 5278 consecutive cases treated in a single hyperbaric unit. *PloS ONE* [internet]. 2012 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone>.
 11. Blatteau JE, Gempp E, Simon E. Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: retrospective and multicentric analysis of 279 cases. *Neurocrit Care* [internet]. 2011 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20734244>
 12. Blatteau JE, Pontier JM, Buzzacott P, Lambrechts K, Nguyen VM, dkk. Prevention and treatment of decompression sickness using training and in-water recompression among fisherman divers in Vietnam. *Inj Prev* [internet].2015 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari <http://injuryprevention.bmj.com>
 13. Mollerlokken A, Nossum V, Hovin W. Recompression with oxygen to 160 kPa eliminates vascular bubbles, but does not prevent endothelium damage. *Europ J Underwater Hyperbaric Med* [internet]. 2007 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari https://www.uhms.org/images/DCS-and-AGE-Journal-Watch/blatteau_umo_effect_of_in-wa.pdf
 14. Blatteau JE, Pontier JM. Effect of in-water recompression with oxygen to 6 msw versus normobaric oxygen breathing on bubble formation in divers. *Eur J Appl Physiol* [internet]. 2009 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari https://www.uhms.org/images/DCS-and-AGE-Journal-Watch/blatteau_umo_effect_of_in-wa.pdf
 15. Blatteau JE, Jean F, Pontier JM. Decompression sickness accident management in remote areas. Use of immediate in-water recompression therapy. Review and elaboration of a new protocol targetted for a mission at Clipperton atoll. *Ann Fr Anesth Reanim* [internet]. 2006 [disitasi tanggal 23 Mei 2017]. Tersedia dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16860525>