

Topik 3 in One (Ketersediaan Oksigen) dalam Kecelakaan KRI Nanggala-402



Inilah KRI Nanggala-402 ketika sedang berlayar di perairan Tuban sebelum mengalami kecelakaan

BREAKING NEWS: Selepas pukul 17.00 WIB, Minggu 25/4/2021, Panglima TNI didampingi KASAL dan KAPOLRI atas nama Pemerintah RI, menyampaikan pernyataan resmi dalam konferensi pers laporan terkini proses evakuasi dan pertolongan tenggelamnya KRI Nanggala-402. Dinyatakan bahwa hasil pencarian kasesel KRI Nanggala-402 oleh kapal KRI Rigel dan MV Swift-Rescue pada Minggu 25/4/2021 pagi hari, telah mendapatkan gambaran sebenarnya secara visual, posisi kapal selam dan bagian kapal yang disertai adanya pakaian kedaruratan yang diperoleh secara lengkap. Posisi kapal selam yang terdampar di palung di kedalaman 838 meter, jaket penyelamat berwarna oranye (MK-11) dan gambar visual kondisi kemudi vertikal dan horizontal dalam posisi keluar dan terpisah dari badan utama.

Secara standar prosedur keselamatan kapal selam, dapat dinyatakan bahwa gambaran itu semua sudah dapat dijadikan sebagai dasar bukti otentik. Gambaran visual itu semua yang diperoleh ROV (remotely operated vehicle) kapal KRI Rigel dan MV Swift-Rescue, menggambarkan bahwa KRI Nanggala-402 mengalami musibah kecelakaan dalam kondisi tenggelam, terbelah, dan, dengan seluruh awak kapal yang berjumlah 53 orang, dapat diyakinkan telah gugur dalam tugas.

Pernyataan inipun sekaligus diakhiri dengan penyampaian duka cita yang sangat mendalam atas nama seluruh prajurit TNI dan anggota POLRI kepada keluarga besar Hiu Kencana, dan anggota keluarga prajurit yang gugur dalam menjalankan tugas Negara.

Kami "Dunia Menyapa Negeri", indonesia-icao.org, portal keselamatan penerbangan, menyampaikan duka cita yang mendalam kepada Keluarga Besar "Hiu Kencana" atas gugurnya ke-53 prajurit terbaik patriot bangsa dalam tugas negara ini. Memang kecelakaan kapal selam tidak dapat disamakan dengan kecelakaan pesawat udara sipil, namun fase kedaruratan operasional kapal selam memiliki kemiripan dengan fase kedaruratan di penerbangan sipil. Bila di penerbangan sipil ada ketetapan dari status siaga sampai distress (dianggap mengalami kecelakaann) sebagai fase kedaruratan Alerfa, Incerfa dan Detresfa, maka di operasional kapal selam ada status kedaruratan, Sublook, Submiss, Subsunk dan On Eternal Patrol.

Demi mewujudkan keselamatan operasional pasca sebuah kecelakaan, ada baiknya diambil keputusan mendasar dalam meningkatkan sebuah keselamatan berpedoman kepada kecelakaan yang pernah terjadi. Standar keselamatan di penerbangan mengharuskan kelengkapan 2 alat perekam dipasang di setiap pesawat komersial sipil yaitu, FDR (flight data recorder) dan CVR (cockpit voice recorder) dalam sebuah black box. Alat tersebut sangat berguna membantu pihak penyelidik kecelakaan untuk membuka tabir penyebab yang mendekati kebenaran.

Dipastikan KRI Nanggala-402 sebelum dioperasikan dalam latihan penembakan torpedo dari bawah permukaan laut di utara Bali, dalam keadaan siap tempur dan laik operasi, namun, walaupun demikian munculnya kecelakaan ini merupakan sebuah kenyataan yang harus diakui oleh semua pihak berwenang, bahwa telah terjadi proses ketidakterpenuhinya sebuah standar keselamatan, yang tidak dapat dihindari oleh semua awak kapal dan pihak yang berwenang, yang seharusnya diatasi atau dihindari.

Secara empiris, dari sebagian besar hasil penyelidikan akhir sebuah kecelakaan, akan DITEMUKAN (diawali kemungkinan besar dalam %), adanya unsur pelanggaran terhadap kepatuhan menjalankan standar keselamatan (ada yang di bawah kesadaran atau tidak di sengaja/diketahui = careless). Hal pelanggaran ini bisa sebelum maupun sesaat operasi sedang dilaksanakan. Contoh sederhana tentang bentuk kepatuhan dan pelanggaran adalah ketika pembatalan proses lepas landas oleh kapten pilot yang diputuskan beberapa detik sebelum pesawat lepas landas, di saat pesawat sedang melaju dengan kecepatan tinggi (rolling) di landas pacu (disebut aborted take-off). Keputusan yang dilakukan pilot pesawat dalam hitungan detik itu, diambil sesaat setelah diketahui adanya unsur (indikator) tidak memenuhi keselamatan yang munculnya tiba-tiba. Tentunya keputusan tersebut dilakukan sepanjang masih terukur dalam batas keselamatan sebuah pembatalan. Tindakan ini adalah salah satu bentuk kepatuhan pilot dalam pelaksanaan standar keselamatan di saat waktu kritis (decision at critical time). Sebaliknya, bila pilot mengabaikan pembatalan, sehingga menimbulkan

insiden atau accident (kecelakaan), tindakan ini dapat dianggap sebagai sebuah bentuk pelanggaran. Pelanggaran dalam bentuk dan alasan apapun, berpeluang timbulnya sebuah insiden atau kecelakaan.

Sekecil apapun yang akan mengarah timbulnya insiden atau accident, seawal mungkin atau sebelumnya harus diatasi atau dihindari. Seorang pilot berpengalaman akan menjadi pilot dengan prestasi baik, bila berhasil melakukan kedisiplinan (kepatuhan) secara utuh. Kedisiplinan terhadap standar keselamatan harus melalui latihan yang sempurna. Kecelakaan, apa saja, di mana saja, kapan saja, dipastikan disebabkan oleh banyak faktor (multi factors).

Semoga kecelakaan yang sangat menyedihkan ini, menjadi bahan pembelajaran yang sangat berharga dan terukur bagi operasional kapal selam lainnya yang masih aktif dioperasikan di negeri ini, agar terhindar dari risiko kecelakaan seperti yang dialami oleh kapal selam KRI Nanggala-402. Semoga TNI-AL menjadi penjaga kedaulatan laut NKRI yang tangguh dan berjaya, “Wira Ananta Rudhiro”.

SAPA REDAKSI: Berita duka atas musibah kapal selam KRI Nanggala-402 yang masuk kategori Kelas Cakra, baru saja disampaikan. Terkait tentang musibah itu, ada baiknya kita mendalami salah satu sisi dari keselamatan kapal selam. Tulisan dengan topik 3 in One ini merupakan kelanjutan dari judul sebelumnya yang pernah dimuat yang berisi sebatas dengan ketahanan tubuh manusia yang bertugas di ketinggian dan kedalaman.

Artikel berlanjut ini, didedikasikan kepada semua pembaca setia “Dunia Menyapa Negeri”, sebagai bahan berbagi bagi semua pihak peduli keselamatan, terkait dengan sangat pentingnya ketersediaan pasokan oksigen yang diberikan oleh Allah swt Tuhan Maha Pencipta Dunia beserta isinya, kepada semua manusia Bumi dan para pelaku yang bertugas (termasuk penumpang pesawat), yang berada di angkasa, udara dan bawah laut. Artikel ini khusus berbagi tentang pentingnya pasokan oksigen bagi astronot, pilot pesawat dan penumpangnya serta awak kapal yang bertugas di kapal selam di saat menyelam.

Seketika setelah beredarnya berita tentang hilangnya kontak kapal selam TNI-AL KRI Nanggala-402 di pantai utara Buleleng, laut Bali, sejak pukul 0346 WITA subuh,



Rabu 21/4/2021, timbullah inspirasi untuk membuat artikel ini. Kapal selam yang diberitakan berkemampuan menyelam sedalam \pm 250-500 meter itu dinyatakan terdampar di palung di dasar laut utara Bali di kedalaman 838 meter. Kapal selam yang berada di kedalaman di luar batas spesifikasi dan performancenya sangat berbahaya dan berisiko besar timbulnya kecelakaan yang mengancam keselamatan kapal dan para awak kapalnya. Blackout (hilangnya aliran listrik) terjadi hanya beberapa menit setelah izin menyelam dilaksanakan, sehingga diperkirakan manuver kapal selam itu menjadi sulit dikendalikan. Inilah [video ilustrasi penyelaman ke bawah laut](#).

Awak pesawat ruang angkasa (astronot), pilot pesawat udara dan awak kapal selam dalam beraktivitas di ketinggian atau kedalaman Bumi sangat tergantung dengan ketersediaan oksigen yang cukup ditambah dengan tekanan udara di kabin yang disesuaikan (sama) dengan tekanan udara di permukaan Bumi. Tekanan udara di dalam kabin pesawat bertekanan udara (cabin pressurized) yang sedang terbang, akan di “setting” sama dengan tekanan udara di permukaan Bumi di ketinggian 7.000 - 8.000 kaki (dikenal dengan sebutan cabin altitude). Ketinggian ini seperti elevasi kota Mexico City atau dataran tinggi Puncak Bogor, di kaki Gunung Gede Pangrango, Bogor.

Semua makhluk hidup di Bumi, dipastikan membutuhkan pasokan oksigen yang cukup untuk kehidupannya. Hanya Bumi menyediakan oksigen yang baik, gratis dan cukup untuk manusia agar dapat bernapas dengan sehat, sepanjang lingkungan alam dan udaranya terjaga dan terawat dengan baik. Untuk itu, kita sebagai manusia Bumi sudah seharusnya bersyukur kepada Allah swt., Tuhan Sang Maha Pencipta Dunia beserta seluruh isinya, karena telah memberikan nikmat yang begitu besar dengan ketersediaannya tanpa batas dan gratis.

Selain di Bumi, semua penerbangan ruang angkasa berawak, penerbangan jet komersial dan awak kapal selam pun dipastikan memerlukan pasokan oksigen yang cukup untuk membuat seluruh PoB = persons on board (semua orang yang berada di kabin pesawat ruang angkasa, pesawat jet komersial dan kapal selam), merasa comfort atau

nyaman. Kenyamanan dimaksud adalah yang berkaitan dengan tekanan udara yang tersedia di dalam kabin, sesuai dengan kebutuhan setiap orang normal dan sehat untuk bernapas. Bacalah [artikel](#) terkait dengan esensi isi paragraf ini.

Dalam kondisi normal, manusia dewasa di Bumi rata-rata akan menghirup udara 7 – 8 liter udara per menit atau total per hari 11.000 liter (388 cubic feet). Udara yang dihirup itu hanya mengandung 20% kadar oksigen dengan rincian yang dikeluarkan dengan cara dihembuskan 15% dan 5% yang dikonsumsi setiap kali bernapas yang dirubah menjadi karbon dioksida (dijelaskan dalam paragraf kapal selam). Udara terdiri dari 3 unsur utama, yaitu udara kering, uap air, dan aerosol. Kandungan udara kering terdiri dari 78,09% nitrogen, 20,95% oksigen, 0,93% argon, 0,04% karbon dioksida, dan gas-gas lain. Di saat pembuangan udara pernapasan yang terbanyak adalah karbon dioksida dan sebagian kecil oksigen. Setiap orang yang normal dalam bernapas memerlukan sebanyak 550 liter (19 cubic feet) oksigen murni per hari.

Untuk Stasiun Ruang Angkasa Internasional (ISS) yang berada ± 400 km di atas permukaan Bumi, NASA menetapkan ketentuan terhadap setiap astronotnya untuk menghirup 0,84 kg = 840 liter oksigen perhari (= di atas normal, karena para astronot itu harus rutin melakukan olah-raga selama 2 jam setiap hari). Sedangkan di penerbangan sipil tentang emergency oxygen systems diatur dalam pedoman ICAO Annex 6 "Operations of Aircraft" Part I dan ICAO Doc 7030.

KRI Nanggala-402 adalah kapal selam RI kelas Cakra tipe U-209/1300



bertenaga 4 mesin diesel elektrik, buatan galangan kapal Howaldtswerke-Deutsche Werft di Kiel, Jerman 1978, dipesan oleh TNI-AL 1979 dan diterima Oktober 1981. KRI Nanggala 402 sempat melaksanakan

perawatan dan pemutakhiran (termasuk persenjataan), di galangan kapal

Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering, Korea Selatan pada 2009-2012.

Diberitakan bahwa keberadaan kapal selam KRI Nanggala-402 yang hilang kontak sejak 21/4/2021, belum ditemukan dan beberapa hari kemudian dinyatakan subsunk (tenggelam). Sesuai urutan status kejadian (insiden), sebuah kapal selam yang tenggelam sudah dapat dinyatakan sebagai musibah kecelakaan. Penjelasan KSAL menyatakan bahwa kapal selam KRI Nanggala-402 yang berumur lebih 40 tahun ini memiliki kemampuan baterai cadangan dalam keadaan darurat sangat terbatas (bila blackout atau terputusnya aliran listrik). Selain itu cadangan oksigennya untuk di bawah air, hanya mampu bertahan sampai jam 0300 Sabtu 24/4/2021. Batas waktu sampai Sabtu 24/4/2021 pukul 0300 subuh itu, sama dengan batas waktu untuk melakukan pertolongan terhadap kapal selam beserta seluruh awakannya. Batas waktu itu, kini sudah terlewati. Berita terakhir diwartakan pada Minggu 25/4/2021 sore hari, bahwa KRI Nanggala-402 mengalami musibah tenggelam dan terdampar di kedalaman 838 meter dalam keadaan terpecah 3 bagian, dengan diyakini ke-53 awak kapal dalam keadaan gugur.

Berikut ini sekilas tentang gambaran kapal selam di dunia. Sumber tenaga kapal selam (power) berasal dari tenaga Ballistic Missile Submarines (SSBNs), Nuclear-powered attack submarines (SSNs), Diesel-electric attack submarines (SSKs) dan Air-independent propulsion (AIP). KRI Nanggala-402 sendiri adalah bertenaga 4x Diesels electric.

Tercatat ada 3 negara di dunia yang memiliki kapal selam berukuran besar yaitu Rusia, Amerika dan Tiongkok. Dua kapal selam terbesar Kelas Typhoon yang aktif di dunia saat ini yang dimiliki oleh Rusia dan Amerika, adalah Dmitriy Donskoy milik Rusia, dan USS Ohio milik Amerika. Kapal selam bertenaga nuklir ini memiliki panjang x lebar masing-masing Dmitriy Donskoy adalah 175 x 25 meter dengan diawaki oleh 160 orang awak kapal. Sedangkan USS Ohio memiliki panjang x lebar 170 x 13 meter dengan 15 perwira kapal + 140 awak. Keduanya mulai aktif beroperasi sejak 1981 (sama dengan waktu penerimaan KRI Nanggala-402). USS Ohio telah menjalani tes penyelaman terdalam sampai ± 240 meter. Era

kapal selam bertenaga nuklir Kelas Typhoon itu akan berakhir tahun 2026 dan akan dilanjutkan oleh Kelas Borel.

Meskipun kapal selam mengapung dengan mudah, dalam kondisi normal kapal itu mampu menyelam ke dasar samudra dan tetap berada di situ sampai **berbulan-bulan lamanya**. Rahasianya terletak pada konstruksi khas dinding rangkap kapal tersebut. Ruang-ruang khusus kedap air (atau tangki pemberat) antara dinding luar dan dinding dalam dapat diisi air laut sehingga meningkatkan bobot keseluruhan dan mengurangi kemampuan mengapungnya. Dengan dorongan baling-baling ke depan dan pengarahannya bilah kemudi datar ke bawah, kapal itu menyelam.

Dinding dalam dari baja mampu menahan tekanan luar biasa di kedalaman. Setelah berada di dalam air, kapal mempertahankan posisinya dengan bantuan tangki-tangki pemberat sepanjang lunasnya. Untuk naik ke permukaan, kapal selam mengeluarkan air dari tangki pemberat. Periskop, radar, sonar, dan jaringan satelit merupakan alat navigasi utama kapal selam.

Menyelam dan Menduga Kedalaman

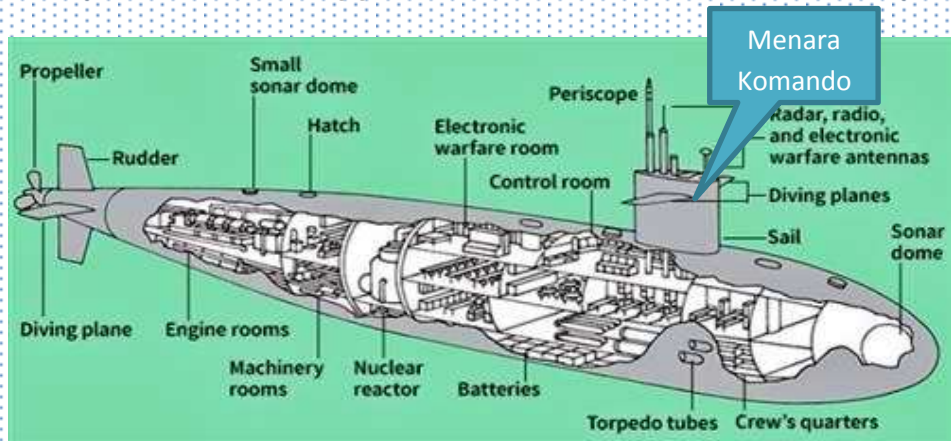
Selagi mengapung di permukaan, sebuah kapal selam dikatakan **berdaya apung positif**. Tangki-tangki pemberatnya hampir tak berisi air. Selagi menyelam, kapal memperoleh **daya apung negatif** karena udara di tangki pemberat dikeluarkan melalui katup udara untuk digantikan air yang masuk melalui lubang penggenang. Untuk melaju pada suatu kedalaman yang ajek, kapal selam menggunakan suatu teknik penyeimbang dengan apa yang disebut **daya apung netral**. Dalam teknik ini, udara bertekanan dipompakan masuk tangki pemberat secukupnya, dan lubang penggenangnya dibiarkan terbuka. Untuk naik ke permukaan, udara bertekanan yang dibawa di kapal dipompakan masuk tangki pemberat, sehingga airnya keluar. Naik turunnya badan kapal selam dilakukan dengan cara pengisian dan pengeluaran air sebagai zat pemberatnya. Bila didasarkan atas spesifikasi kapal selam Kelas Typhoon (ukuran terbesar saat ini di dunia), kemampuan turun ke kedalaman laut yang pernah

dijadikan ukuran untuk tes kedalaman oleh USS Ohio hanyalah sampai ± 240 meter saja.

Kapal selam akan beroperasi di kedalaman selam mematuhi spesifikasi dan performance yang dibatasi pabriknya, seperti juga pesawat udara yang walaupun bisa terbang sampai ketinggian maksimal 46.000 kaki dengan “setting” standar internasional

tekanan udara atmosfer

1013.25 hPa (hecto Pascals) atau 1013.25 milibars atau 29.92 dalam hg



(inches), namun pesawat akan lebih nyaman mempergunakan ketinggian (flight level) di ketinggian ekonomis, yaitu di sekitar 31.000 kaki dengan patokan tekanan udara atmosfer dalam standar internasional (ICAO: QNE).

Kapal selam tidak akan pernah beroperasi melebihi batas kedalaman yang spesifikasi dan performancenya sudah ditetapkan oleh pabrikan, kecuali dalam kondisi tenggelam karena tidak terkendali ketika mengalami kecelakaan. Gambar di atas adalah irisan sebuah kapal selam bertenaga nuklir

Udara Segar di Bawah Air

Kapal selam yang paling canggih, membuat air tawar sendiri dari air laut. Ada pula cadangan udara yang dihasilkan dengan elektrolisis, suatu proses yang membebaskan oksigen dari air tawar. Inilah gambar infografis KRI Nanggala-402 kutipan dari Litbang Kompas.

Ketika berada dekat permukaan, kapal selam dapat mengambil udara dan melepaskan gas buang melalui snorkel tertutup, yang membuka di atas muka air. Selain periskop, antena radio, dan tiang-tiang lainnya, terdapat

beberapa snorkel (selang untuk jalan masuk udara) yang menyembul di bangunan atas, atau menara komando.

Volume dan kualitas udara harus dipantau setiap hari untuk menjamin agar kadar oksigennya mencukupi. Udara juga disalurkan lewat saringan yang menyingkirkan segala kotoran. Gas buang dikeluarkan melalui pipa terpisah.



----- Selesai -----

Sumber: Kompas, Wikipedia, National Geographic Indonesia dan artikel [Rapid Descent Bukanlah Rapid Test](#), kemudian disusun oleh indonesia-icao.org dalam “[Dunia Menyapa Negeri](#)”