

## Gejala Hipoksia dan Barotrauma dalam Ruang Udara Bertekanan Rendah pada Awak Pesawat Lakespra dr. Saryanto

*Hypoxia and Barotrauma Symptoms in Military Aircrew at Lakespra dr. Saryanto*

Putri Avrilia Nurma Irani<sup>1\*</sup>, Pritha Maya Savitri<sup>1</sup>, Riezky Valentina Astari<sup>1</sup>, Nurfitri Bustamam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia

\*Korespondensi: [putriavriliiani@upnvj.ac.id](mailto:putriavriliiani@upnvj.ac.id)

### Abstract

*In carrying out their duties, military aircrew must be able to adapt to an environment where the higher the location from sea level, the barometric pressure will decrease. This decrease in pressure leads to the occurrence of hypoxia. Hypoxia is a condition of lack of oxygen due to decrease in atmospheric oxygen pressure so that ventilation-perfusion disturbances occur. In addition to causing hypoxia, changes in barometric pressure give rise to several gas changes in the body, one of which is barotrauma. The fatal conditions due to changes in barometric pressure can be prevented through hypobaric chamber training at 25.000 feet. This study aims to determine the description of hypoxia symptoms and barotrauma in military aircrew at Lakespra dr. Saryanto. The design of the study was descriptive with data derived from 97 out of 147 the medical records of military aircrews with simple random sampling. The result showed that 16 people (16,5%) experienced cognitive symptoms, 7 people (7,2%) experienced psychomotor symptoms, 21 people (21,6%) experienced visual symptoms, and 61 people (62,9%) experienced non-specific symptoms.*

*Keywords: Barotrauma, Hypoxia, Military Aircrew*

### Pendahuluan

TNI AU bertugas melaksanakan tugas TNI matra udara di bidang pertahanan (1). Dalam menjalankan tugas, awak pesawat TNI AU harus mampu beradaptasi dengan lingkungan udara yang berbeda dengan daratan. Ketika berada di ketinggian, semakin tinggi lokasi dari permukaan laut, maka tekanan barometrik akan menurun (2). Penurunan tekanan ini akan menyebabkan penurunan progresif kejenuhan oksigen arteri sehingga terjadi hipoksia (3).

Hipoksia secara umum adalah kondisi kekurangan oksigen untuk mencukupi kebutuhan tubuh akibat paparan penurunan PO<sub>2</sub> atmosfer sehingga terjadi penurunan PiO<sub>2</sub> dan gangguan ventilasi-perfusi. Hipoksia yang terjadi pada awak pesawat merupakan akibat dari adanya perubahan tekanan barometrik dan disebut dengan hipoksia hipobarik (4).

Pada tahun 2005, dilaporkan terjadi insiden kecelakaan pesawat Helios Airways dengan salah satu faktor penyebabnya adalah hipoksia pada awak pesawat. Hal ini terjadi akibat adanya kegagalan sistem

tekanan kabin dan kegagalan dalam memperhatikan gejala hipoksia ketika pesawat mencapai ketinggian 28.000 kaki (5).

Ketika awak pesawat mengalami hipoksia, akan timbul gejala yang dapat mengganggu penerbangan. Penelitian tahun 2021 menunjukkan terjadi 13,49% hipoksia pada awak pesawat militer saat penerbangan dengan keluhan antara lain, 43,5% sensasi panas, 34,8% gangguan konsentrasi, 23,9% gangguan penglihatan, 13% pusing, dan 10,9% mati rasa (6).

Selain menyebabkan hipoksia, perbedaan lingkungan ketinggian menimbulkan beberapa perubahan gas dalam tubuh. Penelitian tahun 2017 mengevaluasi tuba eustachius pada 42 pilot dalam Ruang Udara Bertekanan Rendah (RUBR) dengan ketinggian hingga 25.000 kaki menggunakan *The new eustachian tube score*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama sesi di RUBR, 23,8% mengeluhkan rasa penuh di telinga yang menghilang setelah manuver valsava dan 4,7% rasa penuh yang menetap (7).

Upaya untuk mencegah kondisi fatal akibat perbedaan lingkungan darat dengan udara dapat dilakukan melalui Indoktrinasi dan Latihan Aerofisiologi (ILA), salah satunya adalah dengan *hypobaric chamber* (RUBR). RUBR adalah latihan yang bertujuan untuk mendemonstrasikan gejala hipoksia, memberikan pemahaman terkait hipoksia, memberikan pemahaman mengenai pengembangan gas, dan memastikan awak pesawat untuk kesiapan oksigenasi tubuh pada Ruang Udara Bertekanan Rendah (RUBR) (8).

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari dokumen hasil RUBR untuk mengetahui gambaran gejala hipoksia dan barotrauma berdasarkan hasil latihan di RUBR. Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan teknik probability sampling. Teknik probability sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah simple random sampling.

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif untuk mengetahui gambaran gejala hipoksia dan barotrauma pada awak pesawat aktif di Lakespra dr. Saryanto

Analisis univariat bertujuan untuk melihat distribusi frekuensi dari gejala hipoksia dan barotrauma. Analisis ini digunakan untuk mendeskripsikan masing-masing variabel yang diteliti.

Data diambil dari 147 rekam medis awak pesawat yang dipilih dengan menggunakan simple random sampling. Besar sampel pada penelitian ini dihitung menggunakan rumus estimasi proporsi. Dengan penambahan sampel drop out sebesar 10%, maka didapatkan jumlah sampel penelitian adalah 97 orang.

### Hasil

Sebanyak 97 rekam medis awak pesawat aktif di Lakespra dr. Saryanto menjadi sampel penelitian.

Tabel 1. Distribusi Karakteristik Sampel Berdasarkan Usia pada Awak Pesawat Aktif di Lakespra dr. Saryanto Tahun 2021

| Karakteristik                   | Frekuensi (N=97) | %    |
|---------------------------------|------------------|------|
| Usia                            |                  |      |
| a. Remaja akhir (17 – 25 tahun) | 19               | 19,6 |

|                                 |    |      |
|---------------------------------|----|------|
| b. Dewasa awal (26 – 35 tahun)  | 59 | 60,8 |
| c. Dewasa akhir (36 – 45 tahun) | 16 | 16,5 |
| d. Lansia awal (46 – 55 tahun)  | 3  | 3,1  |
| Total                           | 97 | 100% |

Berdasarkan Departemen Kesehatan Republik Indonesia, usia dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu masa balita (0 – 5 tahun), masa kanak-kanak (5 – 11 tahun), masa remaja awal (12 – 16 tahun), masa remaja akhir (17 – 25 tahun), masa dewasa awal (16 – 35 tahun), masa dewasa akhir (36 – 45 tahun), masa lansia awal (46 – 55 tahun), masa lansia akhir (56 – 65 tahun), dan masa manula (>65 tahun). Pada penelitian ini, sebagian besar sampel masuk dalam kategori masa dewasa awal (26 – 35 tahun) dengan jumlah 59 orang atau 60,8% dari total sampel. Dalam pengambilan data, peneliti mendapatkan sampel dengan usia termuda adalah 22 tahun dan usia tertua adalah 47 tahun.

### Awak Pesawat Aktif Berdasarkan Usia dengan Gejala Hipoksia

Tabel 2. Gambaran Awak Pesawat Aktif Berdasarkan Usia dengan Gejala Hipoksia

| Usia                         | Gejala Hipoksia |      |                 |      | Total | %   |
|------------------------------|-----------------|------|-----------------|------|-------|-----|
|                              | Merasakan       |      | Tidak Merasakan |      |       |     |
|                              | Jumlah          | %    | Jumlah          | %    |       |     |
| Remaja akhir (17 – 25 tahun) | 15              | 78,9 | 4               | 21,1 | 19    | 100 |
| Dewasa awal (26 – 35 tahun)  | 39              | 66,1 | 20              | 33,9 | 59    | 100 |
| Dewasa akhir (36 – 45 tahun) | 13              | 81,3 | 3               | 18,8 | 16    | 100 |
| Lansia awal (46 – 55 tahun)  | 3               | 100  | 0               | 0    | 3     | 100 |

Awak pesawat aktif yang paling banyak merasakan gejala hipoksia berasal dari kelompok usia 26 – 35 tahun, yaitu sebanyak 39 orang (40,2%).

### Gejala Hipoksia pada Awak Pesawat Aktif

Tabel 3. Gambaran Gejala Hipoksia pada Awak Pesawat Aktif

| Gejala                             | Merasakan |      | Tidak Merasakan |      |
|------------------------------------|-----------|------|-----------------|------|
|                                    | Total     | %    | Total           | %    |
| <b>Kognitif</b>                    | 16        | 16.5 | 81              | 83.5 |
| Mudah lupa                         | 16        | 100  | 0               | 0    |
| Berpikir lemah                     | 1         | 6.3  | 15              | 93.8 |
| Reaksi lambat                      | 1         | 6.3  | 15              | 93.8 |
| Konsentrasi menurun                | 1         | 6.3  | 15              | 93.8 |
| <b>Psikomotor</b>                  | 7         | 7.2  | 90              | 92.8 |
| Gemetar                            | 6         | 85.7 | 1               | 14.3 |
| Koordinasi otak dan tangan menurun | 1         | 14.3 | 6               | 85.7 |
| <b>Visual</b>                      | 21        | 21.6 | 76              | 78.4 |
| Pandangan kabur                    | 21        | 100  | 0               | 0    |
| <b>Non Spesifik</b>                | 61        | 62.9 | 36              | 37.1 |
| Perut kembung                      | 9         | 14.8 | 52              | 85.2 |
| Otot melemah                       | 11        | 18   | 50              | 82   |
| Merasa melayang                    | 19        | 31.1 | 42              | 68.9 |
| Kesemutan                          | 19        | 31.1 | 42              | 68.9 |
| Keluar air mata                    | 8         | 13.1 | 53              | 86.9 |
| Sesak napas                        | 7         | 11.5 | 54              | 88.5 |
| Sakit dada                         | 2         | 3.3  | 59              | 96.7 |
| Pusing/mual                        | 2         | 3.3  | 59              | 96.7 |
| Sakit perut                        | 21        | 34.4 | 40              | 65.6 |
| Area punggung terasa hangat        | 2         | 3.3  | 59              | 96.7 |
| Sakit kepala                       | 1         | 1.6  | 60              | 98.4 |
| Sakit telinga                      | 2         | 3.3  | 59              | 96.7 |
|                                    | 1         | 1.6  | 60              | 98.4 |
| <b>Psikologis</b>                  | 0         | 0    | 97              | 100  |

Sebanyak 16 orang (16,5%) merasakan gejala kognitif dengan mayoritas gejala mudah lupa (100%), 7 orang (7,2%) merasakan gejala psikomotor dengan mayoritas gejala gemetar (85,7%), 21 orang (21,6%) merasakan gejala visual dengan keseluruhan mengalami pandangan kabur (100%), 61 orang (62,9%) merasakan gejala non spesifik dengan mayoritas gejala pusing/mual (34,4%), dan tidak ada yang merasakan gejala psikologis.

### Barotrauma pada Awak Pesawat Aktif

Tabel 4. Gambaran Barotrauma pada Awak Pesawat Aktif

| Kategori                                | Total | %    |
|---|-------|------|
| Tidak mengalami barotrauma              | 93    | 95.9 |
| Suspek barotrauma                       | 1     | 1    |
| Terdiagnosis barotrauma                 | 3     | 3.1  |
| a. Mengalami satu barotrauma            | 3     | 100  |
| 1. Earblock                             | 3     | 100  |
| 2. Sinusblock                           | 0     | 0    |
| 3. Barodontalgia                        | 0     | 0    |
| b. Mengalami lebih dari satu barotrauma | 0     | 0    |

Sebanyak 93 orang (95,9%) tidak mengalami barotrauma, 3 orang (3,1%) terdiagnosis barotrauma yang keseluruhannya mengalami satu barotrauma, yaitu earblock, dan 1 orang (1%) suspek barotrauma. Kategori suspek adalah awak pesawat yang merasakan gejala barotrauma, tetapi masih mampu melaksanakan sesi penuh latihan Ruang Udara bertekanan Rendah (RUBR). Dalam penelitian, awak pesawat yang termasuk dalam kategori suspek mengalami gejala sakit telinga. Kategori terdiagnosis adalah awak pesawat yang tidak mampu melanjutkan sesi latihan Ruang Udara bertekanan Rendah (RUBR) sehingga harus keluar dari Ruang Udara bertekanan Rendah (RUBR) dan menjalani pemeriksaan terhadap gendang telinga dan rontgen sinus paranasal oleh dokter Sp. THT.

### Pembahasan

Penelitian yang dilakukan di Lakespra dr. Saryanto dengan 97 sampel dari 147 rekam medis awak pesawat aktif militer laki-laki dan data gejala berasal dari lembar ILA yang diisi oleh awak pesawat terkait keluhan yang dirasakan oleh masing-masing awak pesawat. Kelompok usia dengan awak

pesawat yang merasakan gejala hipoksia mengalami peningkatan dimulai dari kelompok dewasa awal (26 – 35 tahun)(9). Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa 25 dari 26 orang merasakan gejala hipoksia pada sesi latihan RUBR dengan rata-rata usia sampel yang mengalami hipoksia yaitu 31.6 tahun di mana usia tersebut juga termasuk dalam kelompok dewasa awal (9). Kondisi ini berkaitan dengan fungsi respirasi berdasarkan usia. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa fungsi pernapasan mulai menurun pada usia 30 tahun, di mana usia tersebut juga termasuk dalam kelompok dewasa awal. Perubahan fungsi tersebut antara lain penurunan komplians dinding dada, penurunan kekuatan otot pernapasan, dan respon terhadap hipoksia (10). Selain itu, hasil ini dapat dipengaruhi juga oleh distribusi sampel yang mayoritas berasal dari kelompok usia tersebut.

Latihan Ruang Udara bertekanan Rendah (RUBR) bertujuan untuk mendemonstrasikan gejala hipoksia pada lingkungan bertekanan rendah. Gejala hipoksia tersebut bersifat individual, sehingga akan bervariasi pada setiap awak pesawat. Gejala hipoksia dapat diklasifikasikan menjadi gejala ringan, sedang, dan berat (9). Namun, karena keterbatasan data, peneliti tidak dapat mengklasifikasikan gejala hipoksia berdasarkan klasifikasi tersebut. Pada penelitian ini, gejala hipoksia dikelompokkan menjadi gejala kognitif, psikomotor, visual, non spesifik, dan psikologis dengan distribusi gejala kognitif 16,5%, psikomotor 7,2%, visual 21,6%, non spesifik 62,9%, dan tidak ada awak pesawat yang mengalami gejala psikologis. Gejala-gejala tersebut muncul pada sesi latihan RUBR selama 5 menit. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa gejala hipoksia dapat muncul mulai durasi 2 menit (11).

Gejala kognitif dapat muncul akibat kondisi hipoksia. Mekanisme yang bertanggung jawab belum sepenuhnya dipahami, tetapi dikaitkan oleh keterlambatan oksigenasi pada otak yang menyebabkan gangguan formasi neurotransmitter sehingga mengganggu fungsi kognitif. Salah satu fungsi kognitif yang terpengaruh adalah memori jangka pendek dan jangka panjang yang terjadi ketika tekanan oksigen alveolar

berkurang menjadi sekitar 60 mmHg dan menyebabkan fungsi memori menurun hingga 25% mulai ketinggian 15.000 kaki (12). Hipoksia dapat memengaruhi fungsi kognitif yang terjadi pada 32,6% dari 341 sampel. Pada penelitian ini, gejala kognitif dialami oleh 16 awak pesawat (16,5%) dengan gejala yang paling banyak muncul adalah mudah lupa (100% dari 16 sampel yang merasakan gejala kognitif) (13). Gejala mudah lupa dapat timbul akibat pengaktifan sistem neuroimun pada kondisi hipoksia, khususnya IL-1 yang mengatur fungsi otak, sehingga menyebabkan gangguan memori (14).

Fungsi psikomotor juga terpengaruh dalam kondisi hipoksia ketika oksigen alveolar turun menjadi kurang dari 50 mmHg (ketinggian 12.000 kaki). Di atas ketinggian 15.000 kaki, mulai muncul gejala gemetar pada tangan (12). Pada penelitian ini, gejala psikomotor dialami oleh 7 awak pesawat (7,2%) dengan gejala yang paling banyak muncul adalah gemetar (85,7% dari 7 sampel yang merasakan gejala psikomotor). Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan di mana gejala psikomotor yang dapat muncul pada kondisi hipoksia adalah gemetar (43%) (15).

Hipoksia juga mengganggu fungsi visual mulai dari ketinggian 5.000 kaki atau ketika terjadi penurunan oksigen alveolar hingga 75 mmHg. Beberapa gejala yang dapat timbul adalah gangguan adaptasi gelap, penyempitan lapang pandang, dan pandangan kabur (12). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa gangguan visual terjadi saat latihan Ruang Udara bertekanan Rendah (RUBR), yaitu dengan persentase sebesar 30,2% (13). Pada penelitian ini, gejala visual muncul pada 21 orang (21,6%) dengan gejala berupa pandangan kabur. Pandangan kabur merupakan gejala umum pada hipoksia karena mata merupakan organ dengan oksigenasi tinggi dan sensitif terhadap fluktuasi oksigen sehingga akan menyebabkan penurunan aliran darah retina pada kondisi hipoksia (16).

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa hipoksia dapat menimbulkan gejala non spesifik, seperti paresthesia, sakit kepala, pusing (15). Pada penelitian ini, gejala non spesifik dirasakan oleh 61 orang (62,9%) dengan gejala yang paling banyak muncul adalah pusing/mual. Rasa pusing

merupakan akibat dari penurunan suplai darah serebral, sedangkan mual dikaitkan dengan perfusi adrenal dalam tubuh (12).

Kekurangan oksigen akibat ketinggian juga menyebabkan gangguan kinerja psikologis (12). Hipoksia dapat menyebabkan kerusakan enzim otak tertentu, seperti triptofan hidroksilase yang berperan dalam pembentukan serotonin sehingga menyebabkan produksi serotonin menurun. Akibatnya, dapat muncul gejala suasana hati terasa buruk (17). Penelitian lain juga menunjukkan gejala psikologis lain yang dapat muncul, seperti merasa cemas (51%) dan depresi (35%) (15). Pada penelitian ini, tidak ditemukan gejala psikologis yang muncul. Perbedaan hasil penelitian ini dapat terjadi akibat subjektivitas subjek penelitian di mana awak pesawat mungkin tidak menyadari bahwa gejala yang dirasakannya tersebut adalah gejala hipoksia.

Selain menyebabkan hipoksia, kondisi lingkungan bertekanan rendah dapat menyebabkan barotrauma. Pada penelitian ini, sebagian besar sampel (95,9%) tidak mengalami barotrauma. Hal ini disebabkan karena sebelum melaksanakan sesi latihan RUBR, awak pesawat telah menjalankan serangkaian pemeriksaan, salah satunya adalah pemeriksaan THT. Meskipun begitu, terdapat 1 awak pesawat (1%) yang suspek barotrauma, dan 3 awak pesawat (3,1%) yang mengalami barotrauma, dengan keseluruhan barotrauma yang dialami adalah earblock. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa barotrauma yang paling banyak terjadi pada latihan RUBR adalah earblock (13).

Awak pesawat pertama dengan earblock, mengalami earblock sinistra pada ketinggian 12.000 kaki. Awak pesawat kedua dengan earblock, mengalami earblock dextra dan sinistra saat descent di ketinggian 8.000 kaki dengan hasil pemeriksaan sebelum sesi latihan didapatkan tuli konduktif ringan pada auricula dextra. Awak pesawat ketiga dengan earblock, mengalami earblock dextra saat descent di ketinggian 8.000 kaki dan earblock sinistra di ketinggian 6.000 kaki. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa barotrauma telinga umumnya terjadi pada fase *descent* (18).

Tubuh manusia, termasuk telinga, memiliki rongga yang mengandung sejumlah gas dan rongga tersebut memiliki bukaan

yang memungkinkan gas untuk masuk. Ketika ascent, tuba eustachius terbuka dan gas keluar ke nasofaring setiap kira-kira 500 – 1.000 kaki. Ketika descent, gas dari nasofaring harus masuk ke telinga tengah untuk menjaga keseimbangan tekanan atmosfer di luar dan tekanan gas di dalam telinga tengah (12). Namun, tuba eustachius seringkali tidak dapat terbuka dengan upaya sadar (16). Kondisi inilah yang menyebabkan barotrauma yang dapat menimbulkan gejala sakit telinga dan sensasi penuh.

Salah satu awak pesawat yang terdiagnosis earblock memiliki kondisi tuli konduktif ringan pada auricula dextra. Pada umumnya, gejala earblock meliputi rasa sakit di telinga. Beberapa gejala yang dapat muncul meskipun jarang, antara lain perforasi membran timpani, tuli konduktif, dan fistula perilymfe sehingga terdapat kemungkinan bahwa tuli konduktif yang terjadi dapat disebabkan karena barotrauma pada sesi RUBR sebelumnya (19).

## Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa gejala hipoksia yang muncul dikelompokkan menjadi gejala kognitif (16,5%) dengan mayoritas gejala adalah mudah lupa (100%), psikomotor (7,2%) dengan mayoritas gejala adalah gemetar (85,7%), visual (21,6%) berupa pandangan kabur (100%), psikologis (0%), dan non spesifik (62,9%) dengan mayoritas gejala adalah pusing/mual (34,4%). Selain itu, didapatkan juga bahwa 93 sampel (95,9%) tidak mengalami barotrauma, 1 sampel (1%) suspek barotrauma, dan 3 sampel (3,1%) terdiagnosis 1 jenis barotrauma dengan keseluruhan jenis barotrauma adalah earblock.

## Ucapan Terima Kasih:

Terima kasih diucapkan kepada Lembaga Kesehatan Penerbangan (Lakespra) dr. Saryanto yang telah memberikan izin dilakukannya penelitian.

## Daftar Pustaka

1. Undang-Undang No. 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia. 34. Indonesia; 2004.
2. Awadalla M, Yannick YYN, Asbeh KA. Modeling The Dependence Of Barometric Pressure With Altitude

- Using Caputo And Caputo-Fabrizio Fractional Derivatives. *Journal of Mathematics*. 2020;2020. doi:10.1155/2020/2417681
3. Horiuchi M, Endo J, Handa Y, Nose H. Barometric Pressure Change And Heart Rate Response During Sleeping At ~ 3000 M Altitude. *Int J Biometeorol*. 2018 May 1;62(5):909–12. doi:10.1007/s00484-017-1487-x PubMed PMID: 29282538.
  4. Shaw DM, Cabre G, Gant N. Hypoxic Hypoxia and Brain Function in Military Aviation: Basic Physiology and Applied Perspectives. *Frontiers in Physiology*. Frontiers Media S.A.; 2021. doi:10.3389/fphys.2021.665821
  5. Arnold RL. Air Transport Incident and Accidents Caused by Crew Situation Awareness Errors. *CorescholarLibrariesWrightEdu [Internet]*. 2013;454–8. Available from: [https://corescholar.libraries.wright.edu/isap\\_2013/39/](https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2013/39/)
  6. Chiang KT, Chu H, Tu MY, Lin YJ, Lin SH, Wen YH, et al. Analysis Of Altitude Hypoxia Training And In-Flight Hypoxia Events Among The Helicopter Aircrews. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16). doi:10.3390/ijerph18168405 PubMed PMID: 34444155.
  7. Iannella G, Lucertini M, Pasquariello B, Manno A, Angeletti D, Re M, et al. Eustachian Tube Evaluation In Aviators. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2017;274(1):101–8. doi:10.1007/s00405-016-4198-8 PubMed PMID: 27435594.
  8. TNI-AU. Juknis Indoktrinasi Dan Latihan Aerofisiologi Bagi Awak Pesawat. In. 2020.
  9. Johnston BJ, Iremonger GS, Hunt S, Beattie E. Hypoxia training: Symptom replication in experienced military aircrew. *Aviat Space Environ Med*. 2012;83(10):962–7. doi:10.3357/ASEM.3172.2012 PubMed PMID: 23066618.
  10. Lalley PM. The Aging Respiratory System-Pulmonary Structure, Function And Neural Control. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2013. p. 199–210. doi:10.1016/j.resp.2013.03.012 PubMed PMID: 23570957.
  11. Ali Khan S, Adil K, Mangi M. Neuro-Cognitive and Pathophysiological Changes in Hypobaric Chamber in Pilots of Pakistan Air Force. *Changes in Hypobaric Chamber Pak Armed Forces Med J*. 2013. Report.
  12. Gradwell DP, Rainford DJ. Ernsting's Aviation And Space Medicine. *Journal of The Royal Naval Medical Service*. 2017. 147–147 p. doi:10.1136/jrnms-103-147
  13. Tu MY, Chiang KT, Cheng CC, Li FL, Wen YH, Lin SH, et al. Comparison Of Hypobaric Hypoxia Symptoms Between A Recalled Exposure And A Current Exposure. *PLoS One*. 2020 Sep 1;15(9 September). doi:10.1371/journal.pone.0239194 PubMed PMID: 32966320.
  14. Chiu GS, Chatterjee D, Darmody PT, Walsh JP, Meling DD, Johnson RW, et al. Hypoxia/Reoxygenation Impairs Memory Formation Via Adenosine-Dependent Activation Of Caspase 1. *Journal of Neuroscience*. 2012 Oct 3;32(40):13945–55. doi:10.1523/JNEUROSCI.0704-12.2012 PubMed PMID: 23035103.
  15. Smith AM. Hypoxia Symptoms In Military Aircrew: Long-Term Recall Vs. Acute Experience In Training. *Aviat Space Environ Med*. 2008 Jan;79(1):54–7. doi:10.3357/ASEM.2013.2008 PubMed PMID: 18225780.
  16. Martin SC. *Aerospace Physiology*. Columbus: Gatekeeper Press; 2021.
  17. Woodrow AD, Webb JT, Wier GS. Recollection Of Hypoxia Symptoms Between Training Events. *Aviat Space Environ Med*. 2011 Dec;82(12):1143–7. doi:10.3357/ASEM.2987.2011 PubMed PMID: 22195396.
  18. Liton II, Ahmad M, Ahsan MA, Hossain MZ, Hossain MD, Wahab MA. Middle Ear Barotrauma in Military Aircrew: Analysis of Risk Factors. *Journal of Armed Forces Medical College, Bangladesh*. 2022 Feb 22;17(1):14–7. doi:10.3329/jafmc.v17i1.56714
  19. Mitchell-Innes A, Young E, Vasiljevic A, Rashid M. Air Travellers' Awareness Of The Preventability Of Otic

Barotrauma. *Journal of Laryngology and Otology*. 2014;128(6):494–8.  
doi:10.1017/S0022215114001145  
PubMed PMID: 24896105.