

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAJIAN PUSTAKA

2.1.1 Atmosfer

Atmosfer didefinisikan sebagai selubung gas yang menyelimuti keseluruhan planet Bumi. Atmosfer terdiri oleh berbagai macam zat dan komposisi kimia yang mampu membatasi interaksi antara aktifitas di dalam planet dan di luar angkasa sehingga mampu mempertahankan eksistensi planet tersebut (Singh,1995).

Atmosfer memiliki tugas dan peran yang sangat penting untuk planet Bumi karena tugasnya adalah mendukung kehidupan dalam planet, menjadi regulator suhu, serta melindungi permukaan planet Bumi dari radiasi berbahaya dan meteorid. Peran lain dari atmosfer yaitu menjadi pengatur siklus karbon dan air, serta menstabilkan tekanan sehingga segala benda yang berada di permukaan Bumi dapat eksis (Wallace,2006).

2.1.1.1 Komposisi Atmosfer

Planet Bumi sendiri memiliki atmosfer yang terdiri dari berbagai campuran gas dengan komposisi yaitu, nitrogen (78%), oksigen (21%), dan sisanya berupa argon, karbon dioksida, uap air, dan partikel-partikel gas lainnya dengan jumlah yang kecil (Wallace,2006).

Gas	Rata-rata rasio volume partikel per 1 juta partikel	
	(% dari volume)	Keterangan
Nitrogen	780.840 (78,1%)	Biologis
Oksigen	209.460 (20,9%)	Biologis
Argon	9340 (0,9%)	Gas inert
Karbon Dioksida	350 (0,03%)	peningkatan sekuler
Neon	18	Gas inert
Helium	5,2	Gas inert
Metana	1,7	Biogenik dan antropogenik
Hidrogen	0,6	Biogenik dan antropogenik
Dinitrogen Monoksida	0,31	Biogenik dan antropogenik
Karbon Monoksida	0,03-0,2	Antropogenik dan kimiawi
Karbon Trioksida	0,01-0,15	Fotokimia
Non metana hidrokarbon	0,005-0,02	Biogenik dan antropogenik
Halokarbon	0,002	75% buatan manusia

Gambar 2. 1 Komponen partikel dalam atmosfer (Wallace, 2006)

2.1.1.2 Tekanan Atmosfer

Tekanan atmosfer merupakan suatu gaya per unit luas yang diaplikasikan secara vertikal ke permukaan oleh gas disekitar yang terdapat pada atmosfer dan hal itu memiliki berat. Tekanan oleh berat gas tersebut lah yang disebut dengan tekanan atmosfer. Tekanan atmosfer dihitung secara kombinasi dari gaya gravitasi planet dengan total masa suatu gas yang membentuk lapisan atmosfer tersebut. Di Bumi, unit dari tekanan udara berdasarkan ketentuan internasional terkait standar atmosfer, menentukan bahwa tekanan udara di atas permukaan air berada pada angka 101,325 kPa. Nilai tersebut dihitung menggunakan barometer (Rawat, 2021).

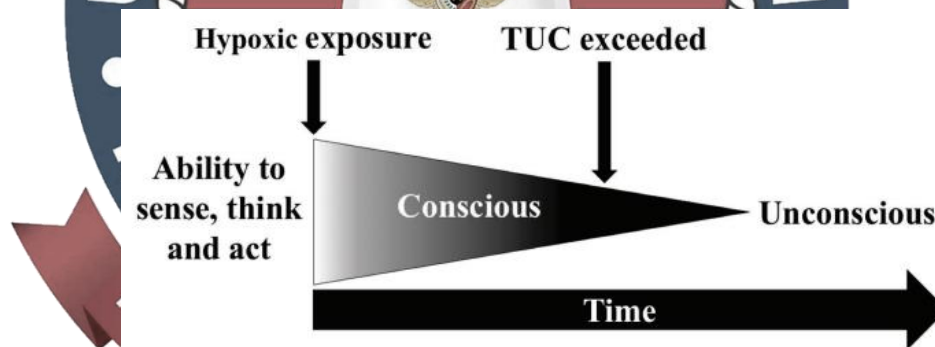
Tekanan udara menurun seiring meningkatnya ketinggian dengan rerata kenaikan 3,4 mb sertiap 600 kaki, namun penurunan tekanan udara tersebut akan dihitung hanya pada tiap beberapa ribu kaki sekali. Jadi distribusi dari tekanan udara dikontrol oleh ketinggian, temperatur, sirkulasi udara, rotasi bumi, tingkat penguapan air, dan sebagainya. Nilai dari

perubahan tekanan udara per unit pada jarak horizontal dinamakan gradien tekanan (Rawat, 2021).

2.1.2 Time of Useful Consciousness (TUC)

2.1.2.1 Pengertian Time of Useful Consciousness

Time of Useful Consciousness (TUC) merupakan suatu durasi ketika seseorang masih mampu melakukan tugas-tugas yang bermakna dan terarah setelah mengalami penurunan kadar oksigen yang cepat, biasanya disebabkan oleh paparan ketinggian tinggi atau dekompresi kabin secara tiba-tiba dalam pesawat. Konsep ini sangat penting dalam dunia penerbangan dan operasi di ketinggian tinggi, di mana menjaga kadar oksigen yang cukup sangat penting untuk keselamatan dan kelangsungan hidup pilot dan awak pesawat (Cipova, 2014).



Gambar 2. 2 Paparan hipoksia yang dapat mempengaruhi kesadaran (Shaw *et al.*, 2021)

Saat deoksigenasi arteri dan jaringan tidak dapat distabilkan, maka fungsi otak akan menurun secara progresif yang mana akan menurun secara eksponensial pada keadaan kadar oksigen yang sangat rendah. Fase awal disebut sebagai TUC dan merupakan durasi dari kinerja dalam melakukan tugas operasional secara efektif dan aman yang diikuti dengan kehilangan kesadaran (Shaw *et al.*, 2021). Lamanya rentang TUC ini dipengaruhi oleh banyak faktor, namun hal yang paling penting adalah

tingkat gangguan yang diterima. Di laboratorium, hal ini bisa bervariasi mulai dari ketidakmampuan untuk melakukan tugas psikomot yang kompleks sehingga terjadi kegagalan merespon perintah lisan yang sederhana. Dalam praktiknya, konsep TUC yang paling berguna terkait dengan TUC adalah dengan menganggap TUC ini sebagai periode dari individu yang terdampak masih bisa mempertahankan kemampuan untuk bertindak dalam memperbaiki keadaannya (Rainford & Gradwell, 2006).

2.1.2.2 Faktor Mempengaruhi Hasil TUC

Hasil TUC berbeda pada setiap orang dikarenakan oleh beberapa faktor, termasuk ketinggian di mana kekurangan oksigen terjadi dan kondisi fisiologis individu. Pada ketinggian yang lebih tinggi maka hasil TUC bisa sangat singkat, bahkan banyak yang mendapatkan hasil hanya beberapa detik pada ketinggian tertentu. Hal yang perlu ditekankan dalam melakukan TUC adalah protokol respons cepat dan sistem suplai oksigen dalam pesawat (Duncan, 2016).

Pemahaman TUC sangat penting untuk memastikan bahwa awak pesawat sudah siap dalam mengenali gejala hipoksia dengan cepat agar dapat mengambil tindakan korektif segera. Pengetahuan ini dapat membantu mencegah terjadinya disorientasi, gangguan penilaian, dan hilangnya kesadaran, dimana hal-hal tersebut dapat mengarah pada hasil yang sangat fatal dalam beberapa lingkungan yang memiliki risiko tinggi (Cipova, 2014).

Kesehatan penerbang memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil TUC. Penerbang dengan kondisi paru-paru yang sehat dan kapasitas paru-paru yang baik cenderung memiliki TUC yang lebih lama. Penyakit paru-paru kronis seperti asma, bronkitis, atau penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) dapat mengurangi efisiensi pertukaran oksigen, mempercepat onset hipoksia, dan mengurangi TUC. Sistem kardiovaskular yang sehat

penting untuk distribusi oksigen yang efisien ke seluruh tubuh. Penyakit jantung, hipertensi, dan kondisi kardiovaskular lainnya dapat mengganggu sirkulasi darah dan mengurangi kemampuan tubuh untuk mengkompensasi kekurangan oksigen, sehingga memperpendek TUC. Anemia atau kondisi lain yang mempengaruhi hemoglobin dan sel darah merah dapat menurunkan kapasitas darah dalam pengangkutan oksigen, sehingga mengurangi TUC. Secara umum, kesehatan yang baik mendukung fungsi optimal dari sistem pernapasan dan kardiovaskular, yang sangat penting dalam mempertahankan TUC yang lebih lama. Penerbang disarankan untuk menjalani pemeriksaan kesehatan secara rutin, menjaga kebugaran fisik, dan menghindari kebiasaan yang merugikan seperti merokok untuk memaksimalkan TUC mereka dan memastikan keselamatan dalam penerbangan (Shaw et al., 2021).

2.1.2.3 Mekanisme Tes Time of Useful Consciousness

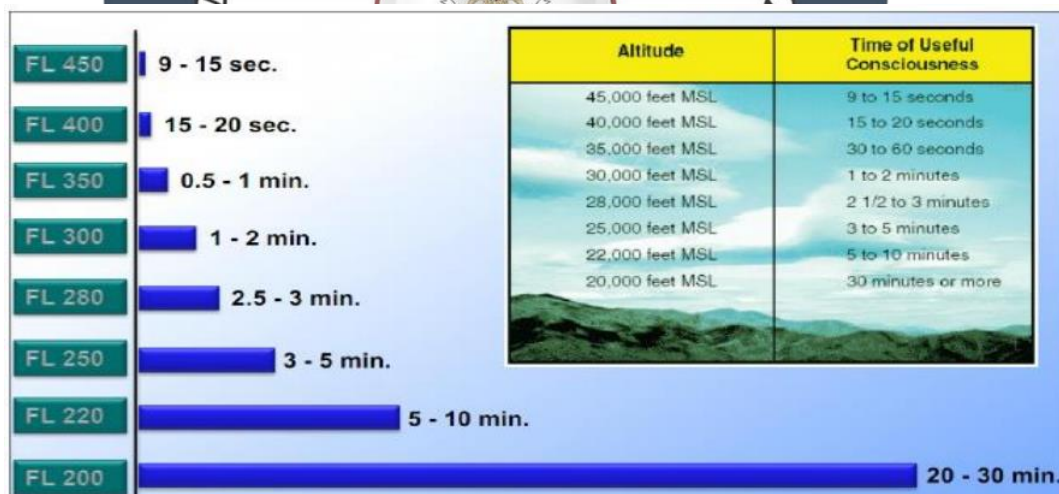
Tes TUC pada penerbang biasanya dilakukan di fasilitas pelatihan khusus yang memiliki fasilitas *hypobaric chamber* (ruang hipobarik) yaitu sebuah perangkat yang mampu mensimulasikan keadaan hipoksia atau keadaan ketika tubuh kekurangan kadar oksigen. Dalam pemeriksaan TUC, penerbang akan dididaksi terlebih dahulu tentang prosedur pemeriksaan, tanda-tanda hipoksia, dan prosedur keselamatan. Ruang hipobarik dilengkapi dengan alat yang digunakan untuk memantau tanda-tanda vital seperti saturasi oksigen, tekanan darah, dan detak jantung. Tekanan udara dalam ruang hipobarik akan dikurangi secara bertahap untuk mensimulasikan kenaikan ketinggian, dengan ketinggian yang disimulasikan berkisar antara 18.000 kaki sampai 25.000 kaki (Sumego, 2023)

Selama dalam pemeriksaan, penerbang akan diminta melakukan beberapa uji kognitif, seperti menyelesaikan teka-teki, menulis, atau

melakukan tugas lainnya yang memerlukan fokus dan koordinasi. Penguji menilai TUC penerbang dengan melihat waktu penerbang mengalami tanda-tanda hipoksia sehingga kesulitan menyelesaikan tugas yang diberikan, TUC akan mulai diukur ketika tekanan udara mulai diturunkan sampai penerbang tidak dapat menyelesaikan tugas yang diberikan secara efektif. Setelah tanda-tanda hipoksia muncul, penguji akan memberikan masker oksigen kepada penerbang untuk memulihkan kadar oksigen dalam tubuh penerbang (Duncan, 2016)

2.1.2.4 Rentang *Time of Useful Consciousness*

Nilai dari TUC seseorang dapat dilihat dari durasi penerbang mampu bertahan ketika tekanan udara di dalam ruangan diturunkan sampai ketinggian tertentu. Tabel berikut merupakan nilai normal penerbang mampu bertahan pada ketinggian-ketinggian tertentu (Aritonang, 2019).



Gambar 2. 3 Nilai TUC (Aritonang, 2019).

Pengambilan nilai TUC akan dilakukan dengan menempatkan penerbang pada ruang hipobarik yang diatur dengan tekanan pada ketinggian 25.000 kaki dengan pertimbangan untuk menghindari terjadinya kelainan dekompresi yang risikonya meningkat ketika pada ketinggian lebih

dari 25.000 kaki. Nantinya penerbang akan dikategorikan sesuai dengan durasi penerbang mampu bertahan di dalam ruang hipobarik. Nilai TUC dikategorikan sebagai baik (>4 menit), cukup (3-4 menit), kurang (1-2 menit), dan kurang sekali (<1 menit) (Putri, 2024).

2.1.3 Faktor Mempengaruhi Fisiologis Tubuh Manusia

2.1.3.1 Rokok

2.1.3.1.1 Kandungan Rokok

Dalam selinting rokok terdapat tanaman yang bernama tembakau. Tanaman ini sama seperti tanaman lain yaitu mengambil molekul-molekul paling sederhana (karbon, dioksida, nitrogen, dan air), cahaya, dan serangkaian logam (sebagai mikronutrien) serta melalui proses internal yang cukup kompleks mengubah bahan-bahan tersebut menjadi molekul kompleks untuk regulasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tembakau sering juga disebut sebagai pabrik kimia. Tembakau telah dibudidayakan dengan tujuan untuk mengumpulkan bahan nikotin sebagai insektisida dan sebagai bahan dasar berbagai bahan kimia komersial seperti piridin. Ada banyak klasifikasi botani yang berbeda untuk tanaman tembakau. Genus *Nicotiana* memiliki lebih dari 60 spesies yang diketahui masing-masing telah diperiksa karakteristik genetik, fisiologis, dan kimianya. Terdapat 2 spesies tembakau yang ditanam secara komersial, yaitu *Nicotiana rustica* yang biasanya untuk pengumpulan nikotin dan solanesol, dan *Nicotiana tabacum* sebagai bahan utama rokok dan cerutu (Rodgman & Perfetti, 2012).

Merokok menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas paru manusia (Tipa *et al.*, 2021). Rokok memiliki kandungan berupa berbagai macam zat kimia yang berbahaya bagi tubuh. Nikotin yang merupakan zat adiktif dalam kandungan rokok dapat meningkatkan detak

jantung, lalu tar yang merupakan zat karsinogenik dapat memunculkan risiko terkena kanker. Hasil dari pembakaran rokok merupakan karbon monoksida (CO) merupakan gas beracun hasil dari pembakaran tidak sempurna dari tembakau, gas karbon monoksida dapat mengurangi kemampuan darah dalam mengangkut oksigen sehingga dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan kardiovaskuler (FDA, 2020).

Pembentukan asap terjadi ketika rokok dinyalakan dan dihisap. Asap arus utama dilepaskan dari ujung rokok yang terbakar selama hisapan, dan asap arus samping berasal dari bara rokok yang terbakar. Udara di sekitar perokok aktif mengandung campuran asap arus samping, asap arus utama yang dihembuskan perokok, dan asap yang melewati kertas berpori yang menggulung tembakau. Jumlah asap arus samping lebih besar dihasilkan ketika jumlah tembakau yang terbakar selama terbakarnya rokok meningkat relatif bersamaan dengan tembakau yang terbakar ketika dihisap. Dengan demikian, cara rokok dihisap (volume hisapan dan jeda waktu antara tiap hisapa) dapat mengubah tingkat relatif asap arus utama dan asap arus samping (U.S. Department of Health and Human Services, 2010).

2.1.3.1.2 Pengaruh Merokok

Merokok dapat memiliki efek mendalam pada fungsi pernapasan melalui berbagai mekanisme yang mempengaruhi paru-paru pada tingkat seluler dan molekuler. Salah satu cara utama di mana merokok mempengaruhi fungsi pernapasan adalah dengan menyebabkan ketidakseimbangan enzim proteolitik. Enzim proteolitik, juga dikenal sebagai proteinase, memainkan peran penting dalam menjaga integritas struktural jaringan paru-paru dengan memecah protein. Namun, merokok dapat mengganggu keseimbangan ini, menyebabkan kerusakan dan kehancuran jaringan yang berlebihan (Lugg *et al.*, 2022).

Selain itu, merokok dapat mempengaruhi fungsi makrofag paru-paru, yang merupakan sel imun yang bertanggung jawab untuk melindungi paru-paru dari patogen dan partikel asing. Studi telah menunjukkan bahwa paparan asap rokok dapat menyebabkan transformasi makrofag alveolar dewasa menjadi makrofag mirip monosit yang belum matang dengan fungsi yang berkurang. Makrofag yang belum matang ini menunjukkan kekurangan dalam fungsi kunci seperti fagositosis (Shaykhiev *et al.*, 2010). Selain efek langsung pada sel-sel paru-paru ini, peradangan dan stres oksidatif yang diinduksi oleh merokok juga dapat berkontribusi pada disfungsi pernapasan. Paparan kronis terhadap asap rokok memicu respons peradangan di paru-paru, yang mengarah pada pelepasan mediator pro-inflamasi. Peradangan yang berkelanjutan ini dapat merusak jaringan paru-paru, mengganggu fungsi pernapasan, dan meningkatkan risiko penyakit pernapasan seperti penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Ayu *et al.*, 2017).

2.1.3.1.3 Kategori Perokok

Merokok tentu dapat membahayakan kesehatan tubuh, namun tingginya resiko dari bahaya akibat merokok juga tergantung pada intensitas merokok tiap harinya (Banks *et al.*, 2019). Menurut WHO (World Health Organization, 2024), tipe perokok dibagi menjadi 3 tipe berdasarkan intensitasnya, yaitu:

1. Perokok ringan: intensitas merokok 1-10 batang per hari
2. Perokok sedang: intensitas merokok 11-20 batang per hari
3. Perokok berat: intensitas merokok lebih dari 20 batang per hari

Selain pengkategorian perokok oleh WHO, terdapat pengkategorian perokok lain yang diakui secara internasional, yaitu Indeks Brinkman. Indeks Brinkman menghitung frekuensi merokok dengan cara durasi waktu seseorang sudah menjadi perokok aktif dalam tahun dikalikan dengan

jumlah batang rokok yang dikonsumsi setiap harinya. Berdasarkan Indeks Brinkman tersebut, frekuensi merokok seseorang dikategorikan sebagai perokok ringan (1-199), perokok sedang (200-599), dan perokok berat (>600) (Prabhaswari, 2023).

2.1.3.2 Usia

2.1.3.2.1 Pengaruh Usia terhadap Sistem Kardiovaskular

Semakin bertambah usia tubuh manusia akan terjadi proses penuaan pada sistem organ tubuh yang salah satunya merupakan sistem kardiovaskular. Penuaan sistem kardiovaskular akan mempengaruhi secara anatomis, hingga secara molekuler dan seluler. Penambahan usia bisa mempengaruhi perubahan dari struktur dan fungsi sistem kardiovaskular mulai dari terjadinya hipertrofi jantung, disfungsi diastolik, fibrosis miokard, dan disfungsi endotel (Tsiachris, 2009).

Perubahan-perubahan tersebut akibat dari proses kompleks yang saling berkaitan seperti stress oksidatif, disfungsi mitokondria, autofagi, inflamasi, fibrosis, dan disfungsi telomer (Vakka, 2023). Manifestasi klinis dari perubahan usia dapat berupa penuaan vaskularisasi. Elastisitas pembuluh darah arteri besar seperti pembuluh darah aorta sentralis dan arteri karotis akan berdilatasi seiring bertambahnya usia, hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan diameter lumen dan penebalan dinding (Lakatta, 1993).

Penuaan dari vaskularisasi akan menyebabkan perubahan pada tekanan sistolik yang dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan *afterload* dari ventrikel sinistra, hipertrofi dari ventrikel sinistra, dan peningkatan kebutuhan oksigen untuk miokard (O'Rourke, 2007). Hal ini lah yang menyebabkan tubuh menjadi membutuhkan oksigen lebih banyak dari keadaan tubuh biasanya yang dapat menyebabkan risiko terkena hipoksia menjadi lebih tinggi.

2.1.3.2.2 Pengaruh Usia terhadap Sistem Respirasi

Proses penuaan pada tubuh juga berpengaruh terhadap sistem respirasi, dengan adanya penambahan usia maka terjadi perubahan di jaringan paru. Perubahan ini dirasakan oleh trakea yang mana semakin menua maka trakea akan menjadi semakin kaku akibat dari kalsifikasi di kartilaginosa trakea. Penambahan usia juga merubah tulang yang membentuk regio toraks dengan tulang rusuk dan vertebra mengalami dekalsifikasi sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya osteoporosis yang berkorelasi dengan munculnya kifosis dan penurunan tinggi badan (Hun Lee, 2016).

Perubahan fungsi mekanik dan fungsi ventilator pada paru-paru sangat berhubungan dengan usia. Hal ini berhubungan dengan hilangnya elastisitas paru-paru, peningkatan volume penutupan, perubahan dalam volume paru, dan penurunan dari jumlah maksimum aliran ekspirasi (Krumpe, 1995). Penurunan kekuatan otot respiratori juga mempengaruhi

hasil dari tes fungsi paru-paru yang menjadi lebih buruk. Fungsi paru mencapai titik tertingginya ketika manusia mencapai umur 20 awal, hal itu dapat bertahan hingga beberapa tahun dan menurun seiring bertambahnya usia. Pada umumnya FEV1 (*1-second forced expiratory volume*) menurun sekitar 20 mL/tahunnya pada usia 25 hingga 39 tahun, lalu penurunan menjadi 35 mL/tahun pada manusia berumur 65 tahun (Hun Lee, 2016).

2.1.4 Hipoksia

2.1.3.1 Pengertian Hipoksia

Hipoksia merupakan keadaan atau kondisi medis yang terjadi disaat pasokan oksigen yang masuk ke dalam tubuh untuk mendukung fungsi seluler normal tidak mencukupi kebutuhan oksigen tubuh. Oksigen merupakan komponen vital yang dibutuhkan oleh sel-sel dalam tubuh yang digunakan untuk menghasilkan energi melalui proses metabolisme. Fungsi organ-organ vital dapat terganggu oleh penurunan pasokan oksigen di dalam aliran darah atau pasokan oksigen di jaringan, bahkan dapat menimbulkan gejala dan komplikasi penyakit akibat gangguan dari organ-organ tersebut (Richalet, 2021).

Terdapat empat jenis hipoksia (Richalet, 2021), yaitu:

1. Hipoksia hipoksik atau hipoksia hipobarik merupakan gangguan penurunan kadar oksigen dalam pembuluh darah arteri akibat lingkungan dengan kadar oksigen rendah ataupun adanya gangguan pada organ pernapasan.
2. Hipoksia stagnan atau hiperemis disebabkan ketika terjadi defisiensi transpor oksigen atau darah ke jaringan.

3. Hipoksia histotoksik disebabkan ketika sel tidak mampu memproduksi oksigen secara efektif akibat gangguan metabolik oleh toksin yang mengganggu pada respirasi sel.
4. Hipoksia anemik merupakan hipoksia yang muncul diakibatkan oleh menurunnya kapasitas darah dalam membawa oksigen karena adanya penurunan konsentrasi hemoglobin dalam darah.

Hipoksia akut dalam penerbangan biasanya disebabkan akibat tekanan oksigen parsial yang rendah pada ketinggian tertentu. Hipoksia mengganggu kesadaran dan fungsi psikomotor dari awak pesawat sehingga dapat menjadi risiko yang mengancam keamanan penerbangan (Ercan *et al.*, 2021). Hipoksia hipobarik menjadi suatu bahaya fisiologis yang diperhatikan selama penerbangan, dikarenakan adanya tekanan parsial yang jatuh sehingga kandungan oksigen dalam pernapasan juga menurun. Pengurangan tekanan parsial oksigen yang mencapai 25 persen di ketinggian 8000 kaki bahkan dapat menghasilkan beberapa gangguan keadaan mental, sedangkan paparan mendadak di 50.000 kaki dapat menyebabkan keadaan tidak sadar dalam 12-15 detik hingga kematian dalam empat sampai enam menit (Wahyudin, 2023).

Oksigen merupakan hal yang sangat penting bagi tubuh agar mampu mempertahankan fungsi tubuh dengan baik. Pada ketinggian permukaan laut, tekanan atmosfer mencapai 760 mmHg, dan tekanan parsial dari oksigen sebesar 160 mmHg. Ketika semakin tinggi area yang dicapai maka total tekanan atmosfer akan menurun, hal ini menghasilkan penurunan tekanan parsial dari oksigen dikarenakan jumlah molekul per unit volume menjadi lebih sedikit (Varis *et al.*, 2019). Hipoksia dalam penerbangan merupakan suatu masalah yang dapat mengganggu performa dan keamanan awak pesawat, walaupun dengan adanya suplemen oksigen dan pengaturan tekanan dalam kabin. Dalam kasus penerbang pesawat tempur, sekitar 15% penerbang pesawat tempur

pernah mengalami hipoksia pada saat melaksanakan tugas (Artino *et al.*, 2006).

2.1.3.2 Gejala dan Tanda Hipoksia

Latihan ruangan hipobarik merupakan cara untuk mendemostrasikan hipoksia kepada awak pesawat. Dalam ruangan hipobarik, gejala hipoksia yang paling sering ditemukan pada saat ketinggian tertentu berupa parestesi, sakit kepala, pusing, penurunan kesadaran, dan gangguan pada pengelihanatan (Woodrow *et al.*, 2011). Pengalaman individu sangat beragam dalam mengalami gejala hipoksia ketika terekspos tekanan pada ketinggian tertentu secara akut. Baik itu dari keparahan, onset munculnya gejala, dan urutan munculnya gejala begitu beragam bagi masing-masing individu. Gejala dan tanda dari hipoksia dibagi menjadi lima ketegori, yaitu gangguan fungsi kognitif, perubahan atau gangguan pada pengelihanatan, gangguan psikomotor, gejala gangguan secara psikologis, dan gejala tidak spesifik (Smith, 2008).



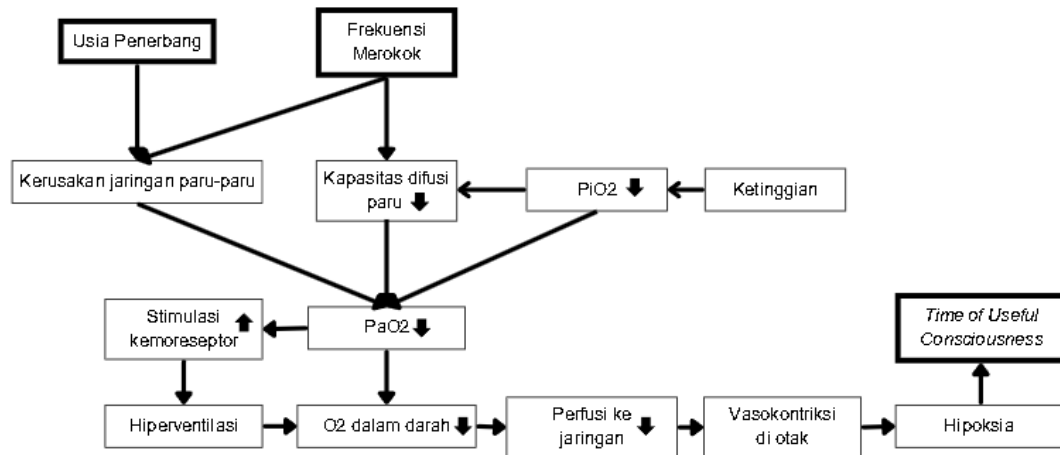
2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Bahan	Metode	Hasil
1.	Anwar Lewa (2009) (Lewa <i>et al.</i> , 2009)	Hubungan umur, Hb, VO ₂ max, FVC, dan FEV/FCV terhadap Waktu Sadar Efektif Penerbang TNI AU	45 Penerbang	Eksperimental	Hasil penelitian menunjukkan bahwa usia yang semakin bertambah memiliki pengaruh paling tinggi terhadap hasil TUC daripada Hb, VO ₂ max, FVC, dan FEV/FCV
2.	Erdinç Ercan (2021) (Ercan <i>et al.</i> , 2021)	<i>Effects of Smoking on Acute Hypoxia Tolerance</i>	78 Awak Pesawat	Eksperimental	Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan toleransi terhadap hipoksia dan efek negatif terhadap sistem keamanan operasi pada perokok

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

2.3 Kerangka Berpikir

2.3.1 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

2.3.2 Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis Penelitian

H0: Tidak ada pengaruh signifikan dari frekuensi merokok dan usia terhadap hasil *Time of Useful Consciousness* (TUC) pada penerbang TNI AU yang telah melaksanakan Indoktrinasi dan Latihan Aerofisiologi (ILA).

H1: Frekuensi merokok dan usia secara signifikan berpengaruh terhadap hasil *Time of Useful Consciousness* (TUC) pada penerbang TNI AU yang telah melaksanakan Indoktrinasi dan Latihan Aerofisiologi (ILA).

