

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hipoksia adalah masalah serius yang perlu menjadi perhatian bagi dunia penerbangan. Hipoksia bisa terjadi pada ketinggian 10.000 kaki atau lebih rendah (Holt, 2019). Sejak tahun 1940, pesawat mengandalkan lingkungan yang bertekanan untuk menjamin penerbangan aman, nyaman, dan efisien di ketinggian tinggi karena tekanan parsial oksigen atmosfer (PO_2) menurun drastis seiring bertambahnya ketinggian. Misalnya, PO_2 adalah 149 mmHg pada permukaan laut dan 49 mmHg pada ketinggian 25.000 kaki (7.620 m) (Gradwell, 2016). Insiden hipoksia yang tinggi harus menjadi perhatian bagi dunia kesehatan penerbangan meskipun kematian akibat hipoksia jarang terjadi dalam penerbangan. Dari 1055 insiden dekompresipesawat di Angkatan Udara Amerika Serikat antara tahun 1981 hingga 2003, tercatat 221 (21%) melibatkan hipoksia, dengan tiga di antaranya menyebabkan kematian yang dapat dicegah (Shaw, 2021). Terdapat kemungkinan insiden hipoksia juga tidak dilaporkan secara lengkap, terutama jika kemunculannya lambat atau bertahap, kejadian tersebut menunjukkan bahwa masalah ini dapat berbahaya bila dibiarkan.

Hipoksia dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti paparan ketinggian tinggi, kegagalan sistem ventilasi pesawat, dan asap kabin (Jacosson, 2019). Kemunculan hipoksia secara bertahap dapat terjadi karena kebocoran di dalam kabin bertekanan atau ketika naik pada ketinggian di atas 10.000 kaki (3.048 m; $PO_2 < 100$ mmHg) dengan pesawat yang tidak bertekanan (Majumdar, 2016). Dalam kondisi ini, hipoksia mungkin tidak diidentifikasi sebagai faktor penyebab insiden dan kecelakaan penerbangan. Selain itu, kerusakan peralatan pada sistem pasokan oksigen, seperti sistem oksigen cair atau sistem pembangkit O_2

di pesawat, sering dilaporkan, terutama pada pesawat generasi baru seperti *Hornet* (Majumdar, 2016). Beberapa orang juga dapat menunjukkan gejala ringandan penurunan kinerja pada ketinggian rendah (di bawah 10.000 kaki) dan kehilangan kesadaran dengan cepat pada ketinggian sedang (misalnya, 18.000 kaki atau 5.486 m; PO₂ 70 mmHg) (Shaw, 2021).

Hipoksia sering membuat pilot mengalami kesalahan pengambilan keputusan dan penurunan kinerja. Salah satu jenis kecelakaan fatal menurut Organisasi Penerbangan Sipil Internasional adalah CFIT (*controlled flight into terrain*), yang biasanya terjadi saat pilot mengalami disorientasi spasial (SDO), yaitu kesalahan dalam menerjemahkan sensasi penglihatan, gerak, dan jarak. Contoh tragedi kecelakaan pesawat yang dicurigai penyebabnya hipoksia adalah hilangnya helikopter MI-17 dengan registrasi HA-5138 milik TNI Angkatan Darat di Kabupaten Pegunungan Bintang, Papua, pada hari Jumat 28 Juni 2019. Papua adalah contoh salah satu lokasi kecelakaan dan insiden penerbangan terbanyak di Indonesia karena topografi bagian tengah yang terdiri atas rangkaian pegunungan tinggi sepanjang 650 kilometer menjadi tantangan besar bagi para pilot. Rentetan tragedi kecelakaan di Papua menunjukkan bahwa hipoksia adalah faktor manusia yang penting dalam ilmu kedokteran penerbangan yang perlu dikaji lebih dalam. Rentang kendali jarak penerbangan dan frekuensi terbang yang meningkat menyebabkan pilot rentan mengalami hipoksia tanpa menyadarinya, sehingga mengurangi kinerja dan kemampuan dalam menghadapi masalah. (Kaunang, 2019)

Ada faktor-faktor lain yang juga dapat menyebabkan hipoksia. Anemia, misalnya, dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam darah karena jumlah hemoglobin yang rendah, sehingga oksigen yang dibawa ke jaringan tubuh juga berkurang. Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen dari paru ke seluruh tubuh. Ketika seseorang menderita anemia, kapasitas darah untuk membawa oksigen menurun, yang mengarah pada hipoksia jaringan (Kevin, 2023). Selain itu, persentase lemak yang tinggi juga merupakan faktor yang signifikan. Penumpukan lemak *visceral*, terutama di sekitar jantung dan paru, dapat mengurangi kemampuan kardiorespirasi. Akumulasi lemak ini dapat membatasi ekspansi paru dan menekan diafragma, sehingga mengurangi efisiensi ventilasi. Persentase lemak yang tinggi sering dikaitkan dengan sindrom hipoventilasi, di mana tubuh gagal mempertahankan oksigenasi yang adekuat selama tidur. Kondisi ini mengakibatkan penurunan respon homeostasis tubuh terhadap hipoksia, sehingga lebih sulit bagi tubuh untuk kembali ke keadaan normoksia. Pasien dengan persentase lemak yang tinggi menunjukkan penurunan kapasitas fungsional paru dan meningkatnya risiko hipoventilasi, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan risiko hipoksia. Oleh karena itu, baik anemia maupun persentase lemak yang tinggi memainkan peran penting dalam meningkatkan risiko hipoksia melalui mekanisme yang berbeda (Ansari, 2020).

Kerentanan terhadap hipoksia dapat membatasi kemampuan operasional beberapa awak pesawat militer. Kondisi hipoksia dapat berakibat fatal bagi penerbang karena dapat mengganggu kinerja kognitif dan fisik mereka secara signifikan (Steinach, 2021). Penurunan kesadaran, koordinasi, pengambilan keputusan, dan kinerja visual akibat hipoksia dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan pesawat.

Penerbang dengan daya tahan kardiovaskular yang rendah akan lebih mudah mengalami kelelahan dan penurunan fungsi fisik selama penerbangan, terutama pada ketinggian tinggi (Beidleman, 2014). Hal ini dapat meningkatkan risiko hipoksia, karena tubuh mereka tidak mampu mendistribusikan oksigen secara optimal ke seluruh jaringan tubuh. *Cooper Test* adalah tes yang digunakan untuk menilai daya tahan kardiovaskular penerbang.

Di sisi lain, total jam terbang merupakan unsur penting yang harus diperhatikan dalam kaitannya dengan risiko hipoksia pada penerbang. Penerbang dengan total jam terbang yang lebih tinggi memiliki paparan ketinggian tinggi yang lebih lama, sehingga berpotensi meningkatkan risiko hipoksia (Jacosson, 2019).

Penelitian untuk memahami hubungan antara hipoksia dengan hasil *Cooper Test* dan total jam terbang pada penerbang sangatlah penting untuk meningkatkan keselamatan penerbangan. Hasil penelitian ini dapat membantu dalam mengembangkan program pelatihan dan pencegahan hipoksia bagi para penerbang, sehingga dapat meminimalisir risiko kecelakaan pesawat yang disebabkan oleh hipoksia (Beidleman, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana gambaran hasil *Cooper Test* pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?
- b. Bagaimana gambaran total jam terbang pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?
- c. Bagaimana gambaran ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?

- d. Bagaimana hubungan hasil *Cooper Test* dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?
- e. Bagaimana hubungan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?
- f. Bagaimana hubungan hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis gambaran hasil *Cooper Test* pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.
- b. Menganalisis gambaran total jam terbang pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.
- c. Menganalisis gambaran ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.
- d. Menganalisis hubungan hasil *Cooper Test* dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.
- e. Menganalisis hubungan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.
- f. Menganalisis hubungan hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU di LAKESPRA dr. Saryanto.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini ditargetkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat baik dalam ranah akademis maupun praktis.

1.4.1 Manfaat Akademik

1. Menyediakan informasi awal bagi kadet mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia tentang hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian lanjutan.
2. Meningkatkan minat kadet mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia terhadap penelitian di bidang kedokteran penerbangan di TNI AU.
3. Mendukung perkembangan ilmu kedokteran penerbangan.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Bagi personil TNI AU pada umumnya dan khususnya para penerbang.

Penelitian ini ditargetkan dapat menghasilkan pengetahuan tambahan bagi para personil TNI AU mengenai hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia.

2. Bagi Institusi LAKESPRA dr. Saryanto.

Penelitian yang dilakukan dapat menyediakan landasan awal untuk penelitian lanjutan dengan populasi yang lebih besar, serta menambah wawasan mengenai hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang.

3. Bagi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai landasan bagi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan untuk penelitian lanjutan dengan populasi yang lebih besar, serta memperluas wawasan tentang hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang.

4. Bagi Penulis.

Penelitian yang dilaksanakan dapat memberikan pengetahuan tentang hubungan antara hasil *Cooper Test* dan total jam terbang dengan ketahanan hipoksia pada penerbang TNI AU, yang bermanfaat sebagai data awal bagi penulis dan peneliti lainnya dalam penelitian lain yang memiliki kesamaan bidang.