



PENGARUH KADAR KOLESTEROL TOTAL TERHADAP TIME OF USEFUL CONSCIOUSNESS (TUC) PENERBANG GUNA MEMELIHARA KESIAPAN OPERASIONAL PERTAHANAN UDARA

Derry Jatnika B^{1,2}, Sri Murtiana¹, Wardaya², Sovian Aritonang¹

¹Universitas Pertahanan

²Lakespra dr Saryanto

Email: Danendrajb2013@Gmail.com

Abstrak. Keselamatan Terbang dan Kerja (Lambangja) merupakan pilar utama dalam mewujudkan kesiapan operasional satuan TNI Angkatan Udara guna mendukung tugas pertahanan negara. Salah satu ancaman fisiologis kritis pada penerbangan elevasi tinggi atau saat terjadi dekompresi kabin adalah hipoksia hipobarik, di mana ketahanan penerbang sangat bergantung pada durasi *Time of Useful Consciousness* (TUC). Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menganalisis pengaruh kadar kolesterol total dalam darah terhadap durasi TUC pada penerbang aktif TNI AU. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan menganalisis data sekunder hasil rekam medis pengujian *Hypobaric Chamber* pada simulasi ketinggian 25.000 kaki di Lakespra dr. Saryanto Jakarta. Berdasarkan hasil pembersihan data pencilan (*outliers*), sampel akhir yang dianalisis berjumlah 38 personel penerbang aktif. Dikarenakan asumsi normalitas residual tidak terpenuhi, pengujian hipotesis dialihkan menggunakan analisis korelasi non-parametrik *Spearman's Rho* melalui *software* SPSS. Hasil pengujian menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar -0,084 dengan nilai signifikansi (Sig.) 0,614 ($> 0,05$). Hal ini membuktikan bahwa kadar kolesterol total memiliki hubungan linear terbalik yang sangat lemah namun tidak berpengaruh signifikan terhadap durasi TUC penerbang. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa variabilitas durasi TUC pada simulasi ketinggian ekstrem lebih didominasi oleh faktor adaptasi fisiologis akut individu lainnya (seperti laju hiperventilasi, peningkatan denyut jantung seketika, dan saturasi oksigen dasar) dibandingkan profil lipid statis harian.

Kata kunci: Kolesterol Total, *Time of Useful Consciousness* (TUC), Pertahanan Udara, Keselamatan Penerbangan, *Hypobaric Chamber*.

Abstract. Flight Safety (Lambangja) is a primary pillar in realizing the operational readiness of the Indonesian Air Force to support national defense duties. A critical physiological threat during high-altitude flight or cabin decompression is hypobaric hypoxia, where pilot endurance heavily depends on the duration of *Time of Useful Consciousness* (TUC). This study aims to examine and analyze the effect of total blood cholesterol levels on TUC duration in active TNI AU pilots. The research method employs an explanatory quantitative approach by analyzing secondary medical record data from *Hypobaric Chamber* testing at a simulated altitude of 25,000 feet at Lakespra dr. Saryanto Jakarta. Following the removal of



outliers, the final sample analyzed consisted of 38 active pilot personnel. Since the residual normality assumption was violated, the hypothesis testing was shifted to non-parametric Spearman's Rho correlation analysis via SPSS software. The statistical analysis revealed a correlation coefficient of -0.084 with a significance value (Sig.) of 0.614 (> 0.05). This proves that total cholesterol levels have an extremely weak, inverse linear relationship but do not have a significant effect on pilots' TUC duration. The implication of this study suggests that variability in TUC duration at extreme altitudes is more dominated by other acute individual physiological adaptation factors (such as hyperventilation rate, immediate heart rate increase, and baseline oxygen saturation) rather than daily static lipid profiles.

Keywords: Total Cholesterol, Time of Useful Consciousness (TUC), Air Defense, Flight Safety, Hypobaric Chamber.

1. Pendahuluan

Dalam konteks pertahanan negara, superioritas udara sangat bergantung pada kesiapan operasional alutsista dan kualitas sumber daya manusia yang mengawakinya. Kesiapan fisik personel penerbang TNI Angkatan Udara merupakan prioritas mutlak demi mendukung kebijakan (*zero accident*). (TNI AU, 2020) Namun, lingkungan kedirgantaraan militer menghadapkan penerbang pada berbagai risiko fisiologis ekstrem, salah satunya adalah hipoksia, yaitu kondisi penurunan suplai oksigen pada tingkat jaringan tubuh akibat berkurangnya tekanan parsial oksigen di lingkungan sekitar. Risiko ini mengancam secara nyata pada operasional pesawat tanpa kabin bertekanan (*unpressurized aircraft*) di atas 10.000 kaki maupun akibat kegagalan mekanis (*rapid decompression*) pada pesawat tempur bertekanan. (Sukmawati dkk., 2025)

Garis pertahanan fisiologis terakhir yang paling kritis bagi seorang penerbang dalam menghadapi kondisi defisit oksigen ini adalah durasi *Time of Useful Consciousness* (TUC). TUC merupakan jendela waktu emas (*golden window*) bagi penerbang sejak pasokan oksigen berkurang hingga hilangnya kemampuan kognitif dan motorik halus untuk melakukan tindakan penyelamatan diri secara sadar, seperti memakai masker oksigen darurat atau melakukan manuver *rapid descent* (Gradwell & Wilkinson, 2025). Durasi TUC yang memadai sangat vital untuk mencegah terjadinya gejala *mental slowing* (berpikir lambat) dan fenomena *fixation* yang dapat berakibat fatal pada keselamatan alutsista bernilai tinggi milik negara (Putri dkk., 2024).

Meskipun seluruh penerbang TNI AU telah melewati tahapan seleksi medis yang ketat, fakta empiris menunjukkan adanya variabilitas ketahanan fisiologis TUC yang signifikan. Penelitian terdahulu



menyinkap bahwa sebanyak 37% penerbang militer di Indonesia memiliki durasi TUC kurang dari 4 menit saat uji simulasi ketinggian 25.000 kaki di dalam *Hypobaric Chamber* (Sucipta dkk., 2018). Kesenjangan antara tuntutan operasional Lambangja dengan fakta variabilitas ketahanan individu ini diduga dipengaruhi oleh profil biokimia darah harian personel, salah satunya adalah kadar kolesterol total.

Secara fisiologis, kadar kolesterol total yang melebihi batas normal (hiperkolesterolemia) dapat memicu kekakuan dan penyempitan vaskular (aterosklerosis) (Fariza dkk., 2025). Hambatan sirkulasi serebral akibat penumpukan plak kolesterol berdampak langsung pada terganggunya aliran darah kaya oksigen ke otak (Fachmi, M., 2018). Ketika penerbang berada dalam kondisi defisit oksigen di lingkungan hipobarik, sirkulasi serebral pada individu berkolerasol tinggi gagal melakukan kompensasi vasodilatasi secara maksimal. Akibatnya, terjadi percepatan penurunan fungsi kognitif dan melambatnya respons motorik saraf pusat (Yu dkk., 2023). Kendati peran klinis kolesterol terhadap fungsi kognitif telah banyak dibahas, pengaruh langsung kadar kolesterol total terhadap ketahanan TUC penerbang militer di udara belum sepenuhnya dipetakan secara ilmiah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kadar kolesterol total terhadap durasi TUC penerbang aktif TNI AU guna memberikan kontribusi strategis dalam memperkuat sistem pertahanan udara nasional melalui mitigasi risiko kesehatan penerbangan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Time of Useful Consciousness (TUC)*

Time of Useful Consciousness (TUC) atau Waktu Kesadaran yang Berguna merupakan indikator aerofisiologi paling kritis dalam menentukan batas toleransi individu terhadap lingkungan ekstrem kekurangan oksigen di ketinggian. Secara konseptual, TUC mengukur durasi waktu yang tersedia bagi personel penerbang sejak terpapar lingkungan hipoksia hingga mengalami penurunan fungsi neurologis sedemikian rupa, sehingga kehilangan kemampuan untuk mengambil keputusan yang rasional dan melakukan tindakan korektif motorik yang efektif (Ernsting et al., 2018). Penurunan fungsi ini terjadi secara progresif, diawali dengan gangguan penglihatan perifer, disorientasi spasial, penurunan daya ingat jangka pendek, hingga hilangnya kesadaran psikomotorik total. (Shaw dkk., 2021)

Pengukuran durasi TUC dievaluasi secara ketat dalam satuan detik menggunakan stopwatch



terstandar di dalam Hypobaric Chamber pada simulasi paparan ketinggian 25.000 kaki. Studi di Lakespra dr. Saryanto (2024) mayoritas penerbang memiliki TUC 3–4 menit pada simulasi hipobaric chamber di 25.000 kaki. Gejala hipoksia yang muncul meliputi gangguan kognitif (18,2%), visual (16,2%), dan psikomotor (Putri et al., 2024). Pada keselamatan penerbangan TUC menjadi indikator kritis dalam menentukan waktu yang tersedia bagi penerbang untuk mengenakan masker oksigen atau melakukan tindakan korektif sebelum kehilangan kesadaran. Dalam konteks Pertahanan Udara, TUC berhubungan langsung dengan kesiapan tempur penerbang. Penurunan TUC dapat mengurangi efektivitas operasi udara dan meningkatkan risiko kecelakaan. (Ramadhani dkk., 2025) Gejala hipoksia yang muncul selama evaluasi TUC sangat bervariasi antar-individu, namun secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga domain utama:

- a. Gangguan Kognitif (18,2%): Meliputi penurunan penalaran logis, kesulitan melakukan perhitungan matematis sederhana, kelalaian dalam membaca instrumen, dan fiksasi perhatian.
- b. Gangguan Visual (16,2%): Meliputi hilangnya sensitivitas kontras, kaburnya pandangan, dan penyempitan lapang pandang.
- c. Gangguan Psikomotor: Meliputi hilangnya koordinasi tangan-mata, gemetar (tremor), dan kegagalan dalam merespons sinyal taktil maupun motorik.

Pada aspek keselamatan penerbangan, pemahaman dan pemetaan TUC personal menjadi indikator kritis. Durasi ini menentukan jendela waktu emas (*golden window*) yang tersedia bagi penerbang untuk mengenakan masker oksigen darurat atau melakukan tindakan darurat seperti penurunan ketinggian secara cepat (*rapid descent*) sebelum kehilangan kesadaran penuh. Dalam konteks Pertahanan Udara, TUC berhubungan langsung dengan kesiapan tempur penerbang (*pilot combat readiness*) (Wardaya dkk., 2025). Penurunan durasi TUC, sekecil apa pun, dapat mengurangi efektivitas operasi udara secara signifikan, mengacaukan taktik pertempuran, dan meningkatkan risiko kecelakaan fatal yang mengancam keselamatan personel serta Alutsista.

2.2 Kadar Kolesterol Total

Kolesterol merupakan senyawa lemak (lipid) kompleks yang diproduksi secara alami oleh hati dan



sel-sel tubuh, serta diperoleh dari asupan makanan. Meskipun kolesterol berfungsi vital dalam pembentukan membran sel dan hormon, penumpukan kadar kolesterol total dalam darah yang melampaui batas normal (hiperkolesterolemia) merupakan faktor risiko utama gangguan kardiovaskular. Kolesterol berlebih dapat menumpuk pada dinding bagian dalam pembuluh darah (endotel), membentuk plak ateromatosa yang memicu penyempitan dan pengerasan pembuluh darah (aterosklerosis) serta memicu kondisi peningkatan tahanan vaskular seperti hipertensi (Dwipasari, N. M. E., 2026). Dalam konteks aerofisiologi dan neurologi, aliran darah yang tidak optimal akibat disfungsi endotel akan secara langsung mengurangi volume dan laju perfusi oksigen menuju jaringan otak. Yu et al. (2023) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara profil lipid serum yang buruk dengan penurunan fungsi kognitif (cognitive impairment). Saat tubuh berada dalam kondisi defisit oksigen di lingkungan hipobarik, sirkulasi serebral pada individu dengan kolesterol tinggi gagal melakukan kompensasi vasodilatasi secara maksimal. Hal ini menyebabkan defisit energi pada sel saraf pusat terjadi lebih cepat, yang bermanifestasi pada hilangnya ketajaman kognitif dan pengambilan keputusan (Siti Atiyah, 2023; Fachmi et al., 2018)(Yu dkk., 2023)

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menunjukkan variasi faktor yang memengaruhi TUC. Putri et al. (2024) menemukan bahwa mayoritas penerbang memiliki TUC 3–4 menit pada simulasi hipobarik chamber di ketinggian 25.000 kaki, dengan gangguan kognitif (18,2%) dan visual (16,2%) sebagai manifestasi dominan. Sucipta et al. (2018) menambahkan bahwa 37% penerbang militer Indonesia memiliki TUC kurang dari 4 menit, yang dipengaruhi oleh kelelahan dan kebugaran jasmani. Sementara itu, Yu et al. (2023) membuktikan adanya korelasi kuat antara profil lipid serum yang buruk dengan penurunan fungsi kognitif pada lansia, meskipun penelitian tersebut dilakukan dalam kondisi atmosfer normal. Di sisi lain, Sukmawati et al. (2025) dan Wardaya et al. (2025) menyoroti mekanisme adaptasi hipoksia akut, di mana paparan hipobarik memicu ekspresi biomarker seperti VEGF dan HIF-1 α yang berfungsi mempertahankan kelangsungan hidup sel saraf. Dari sintesis literatur tersebut, terlihat adanya gap penelitian. Studi terdahulu telah memetakan profil hipoksia dan faktor makro seperti kebugaran jasmani, namun belum banyak yang menyoroti peran biokimia darah, khususnya kolesterol total, terhadap ketahanan TUC pada penerbang militer usia produktif

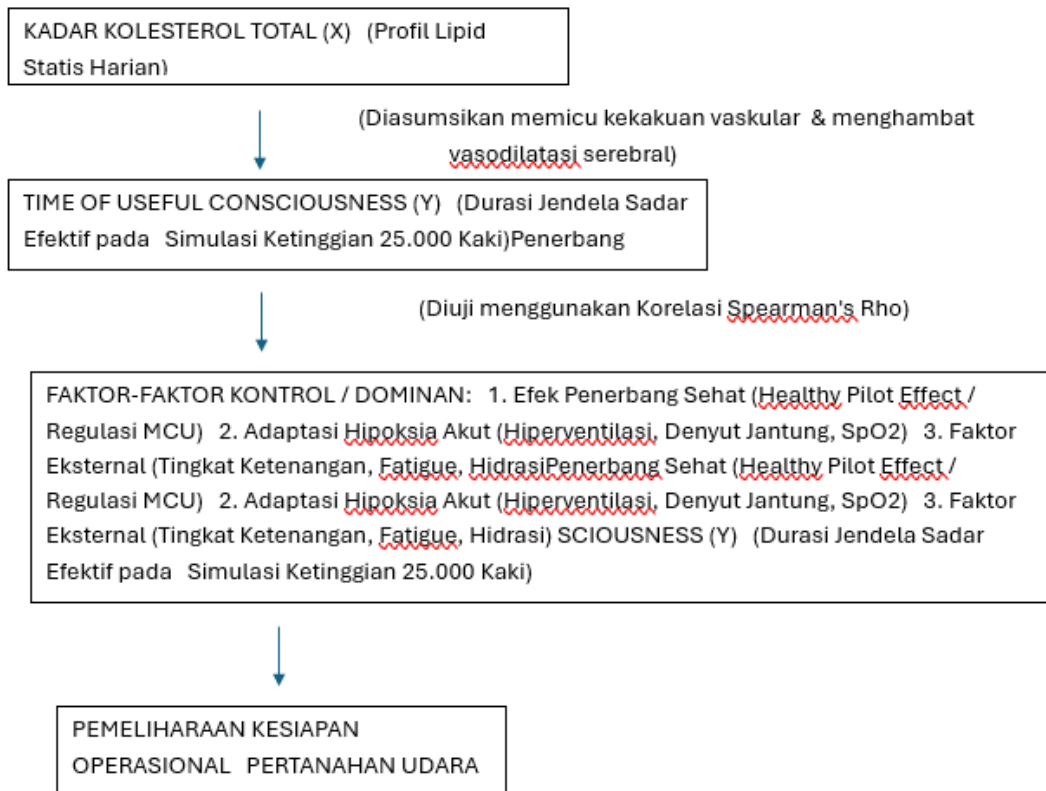


dalam kondisi hipobarik akut. Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan diri pada posisi integratif: menguji apakah parameter biokimia statis seperti kolesterol total tetap berpengaruh signifikan ketika dihadapkan pada mekanisme adaptasi fisiologis akut yang terjadi di ketinggian ekstrem.

2.4 Kerangka Analisis Penelitian

Secara teoritis, kadar kolesterol total yang tinggi diasumsikan dapat memicu penurunan performa pembuluh darah serebral (aterosklerosis) dan membatasi kemampuan kompensasi vasodilatasi saat tubuh mengalami defisit oksigen. Ketika seorang penerbang aktif diuji di dalam *Hypobaric Chamber* pada simulasi ketinggian ekstrem 25.000 kaki, tubuh dipaksa melakukan adaptasi kardiorespirasi akut secara masif akibat tekanan parsial oksigen yang merosot tajam. Hubungan fungsional ini diuji untuk melihat apakah variabilitas durasi *Time of Useful Consciousness* (TUC) yang berkisar antara rentang nilai minimum (1,10 menit) hingga nilai maksimum (3,55 menit) secara signifikan dipengaruhi oleh tinggi rendahnya nilai kolesterol total harian pra-uji. Secara skematis, alur berpikir dan arah pengujian variabel dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar1. Skema Penelitian



3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori (*explanatory research*) untuk membuktikan dan menjelaskan hubungan kausal pengaruh variabel bebas (*independent variable*) yaitu Kadar Kolesterol Total (X) terhadap variabel terikat (*dependent variable*) yaitu durasi *Time of Useful Consciousness* (Y). Penelitian dilaksanakan di Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Ruang Angkasa Lakespra dr. Saryanto, Jakarta, memanfaatkan fasilitas *Hypobaric Chamber* yang terkalibrasi internasional. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh personel Penerbang Aktif TNI Angkatan Udara yang melaksanakan kewajiban uji penyegaran aerofisiologi berkala. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan jumlah sampel akhir yang memenuhi kriteria inklusi lengkap sebanyak N = 40 personel. Yang diambil dari bulan Januari sampai dengan Mei 2026. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder medis yang meliputi data nilai Kolesterol Total (mg/dL) dari hasil pemeriksaan biokimia laboratorium darah pra-uji, dan data durasi TUC (Detik) berdasarkan catatan aktual



tim *flight surgeon* di dalam *Hypobaric Chamber* pada simulasi ketinggian 25.000 kaki. Data diolah secara statistik menggunakan analisis regresi linear sederhana untuk menguji hipotesis koefisien pengaruh pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

4. Hasil dan Diskusi

a. Analisis Deskriptif Variabel Time of Useful Consciousness (TUC)

Berdasarkan data statistik deskriptif terhadap 38 responden penerbang, diperoleh gambaran umum mengenai variabel *Time of Useful Consciousness* (TUC) sebagai berikut:

1. Jumlah Sampel (N): Analisis ini melibatkan 38 orang penerbang setelah dilakukan pembersihan data (*outliers*).
2. Rentang (Range): Nilai jarak antara TUC terendah dan tertinggi adalah 2,45 menit.
3. Nilai Minimum: Waktu kesadaran efektif terpendek yang tercatat di antara penerbang adalah 1,10 menit.
4. Nilai Maksimum: Waktu kesadaran efektif terpanjang yang mampu dicapai adalah 3,55 menit.
5. Rata-rata (Mean): Nilai rata-rata TUC penerbang berada pada angka 2,0439 menit (atau sekitar 2 menit 3 detik) dengan Std. Error sebesar 0,10907.
6. Standar Deviasi (Std. Deviation): Nilai keragaman TUC antar-penerbang adalah 0,67236. Angka deviasi yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sebaran data TUC cenderung mengelompok di sekitar nilai rata-rata.
7. Kemiringan Data (Skewness): Nilai *skewness* tercatat sebesar 0,585 dengan Std. Error 0,383. Karena nilai *skewness* positif dan berada di rentang -2 hingga +2, distribusi data TUC cenderung agak miring ke kanan (didominasi nilai di bawah rata-rata secara halus) namun masih dalam batas normal untuk analisis deskriptif awal.

Secara umum, nilai TUC berada pada kisaran 2 menit dengan variasi yang relatif kecil. Hal ini menegaskan bahwa dalam kondisi hipoksia di ketinggian, penerbang hanya memiliki waktu yang sangat terbatas untuk melakukan tindakan penyelamatan (misalnya mengenakan masker oksigen). Temuan ini penting sebagai dasar pembinaan fisik, pelatihan darurat, dan kebijakan keselamatan penerbangan militer, agar setiap penerbang mampu memaksimalkan waktu efektif yang tersedia sebelum kehilangan kesadaran.

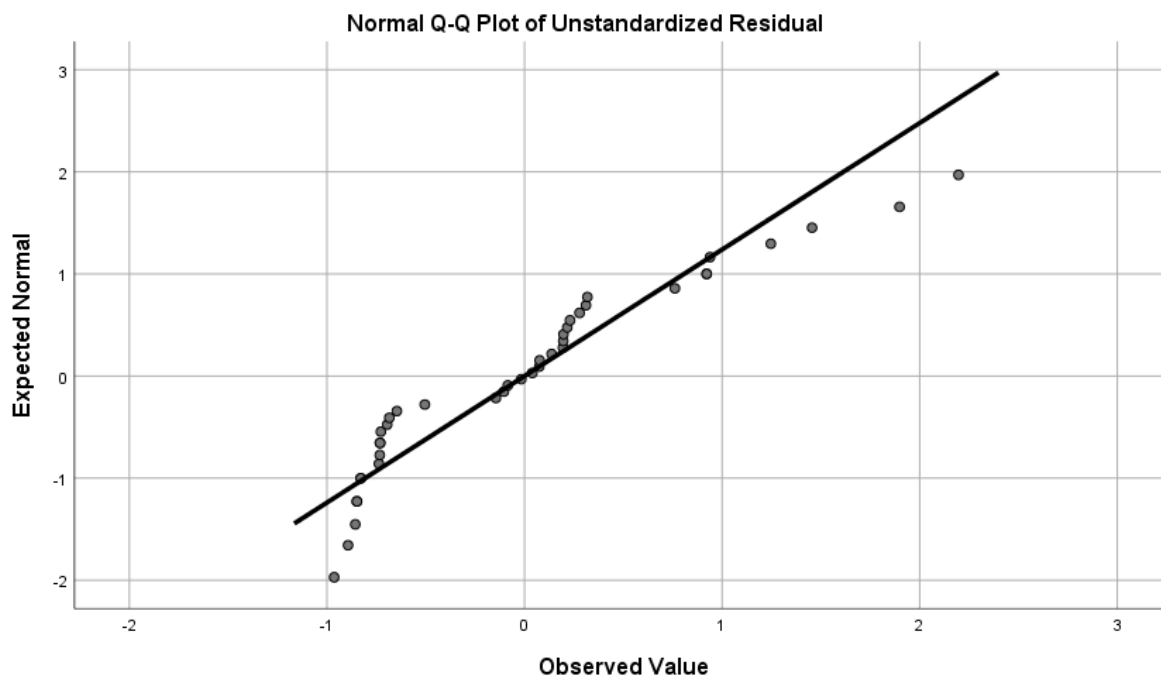
b. Prasyarat Analisis (Uji Normalitas Residual)

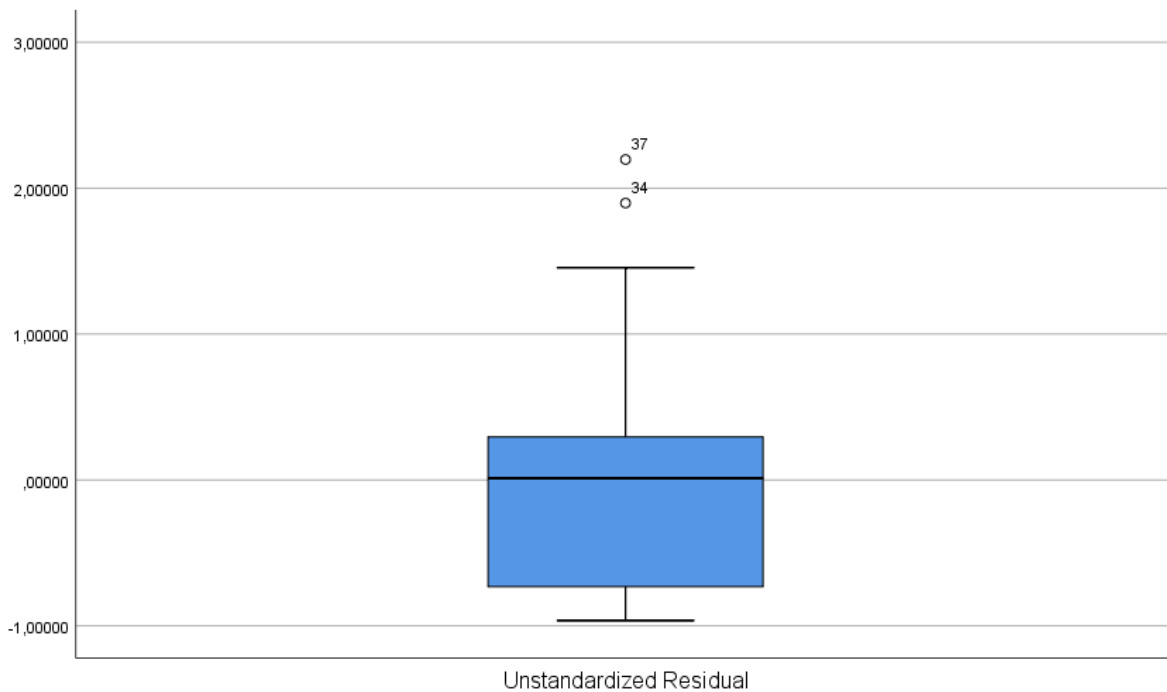
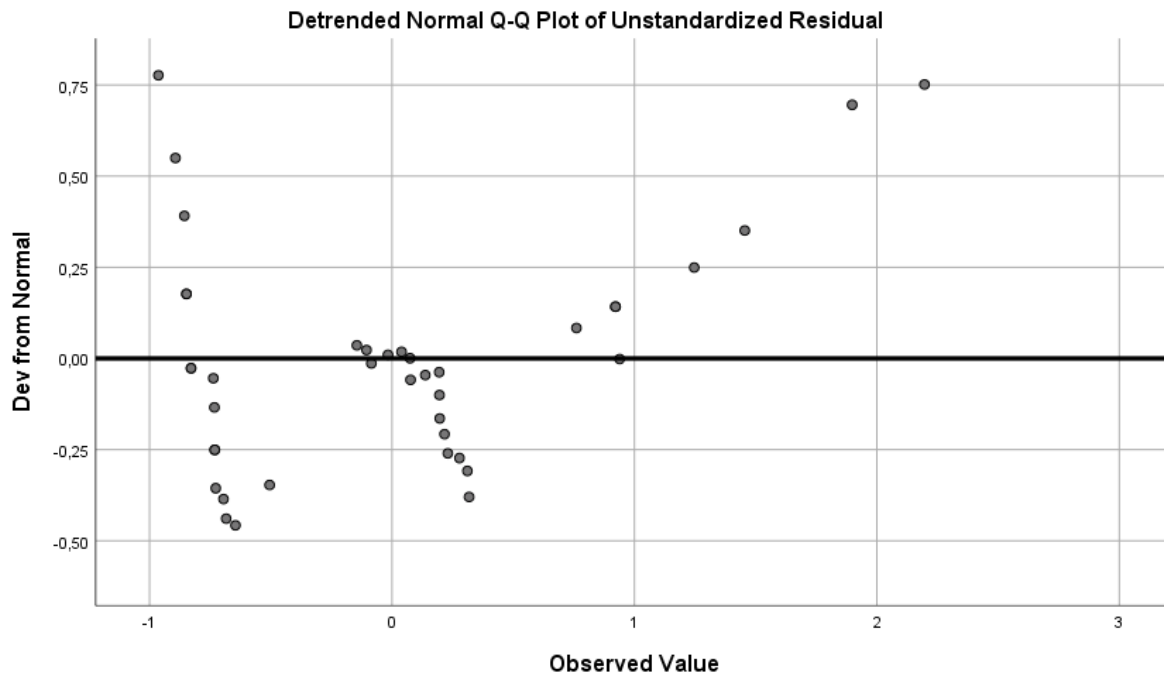
Sebelum dilakukan pengujian hipotesis (analisis inferensial), peneliti terlebih dahulu melakukan uji asumsi klasik/prasyarat menggunakan Uji Normalitas Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) dan Shapiro-Wilk terhadap nilai *Unstandardized Residual*.

Tahap 1: Pengujian Awal (N = 40)

Pada pengujian awal dengan jumlah data penuh sebanyak 40 responden, didapatkan hasil bahwa data tidak berdistribusi normal.

1. Nilai signifikansi (*Sig.*) Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,009 ($p < 0,05$).
2. Nilai signifikansi (*Sig.*) Shapiro-Wilk sebesar 0,001 ($p < 0,05$).
3. Deteksi Outlier: Ketidaknormalan ini dipertegas oleh grafik *Boxplot* yang mendeteksi adanya data pencilan ekstrem (*outliers*), yaitu data pada baris nomor 34 dan 37.





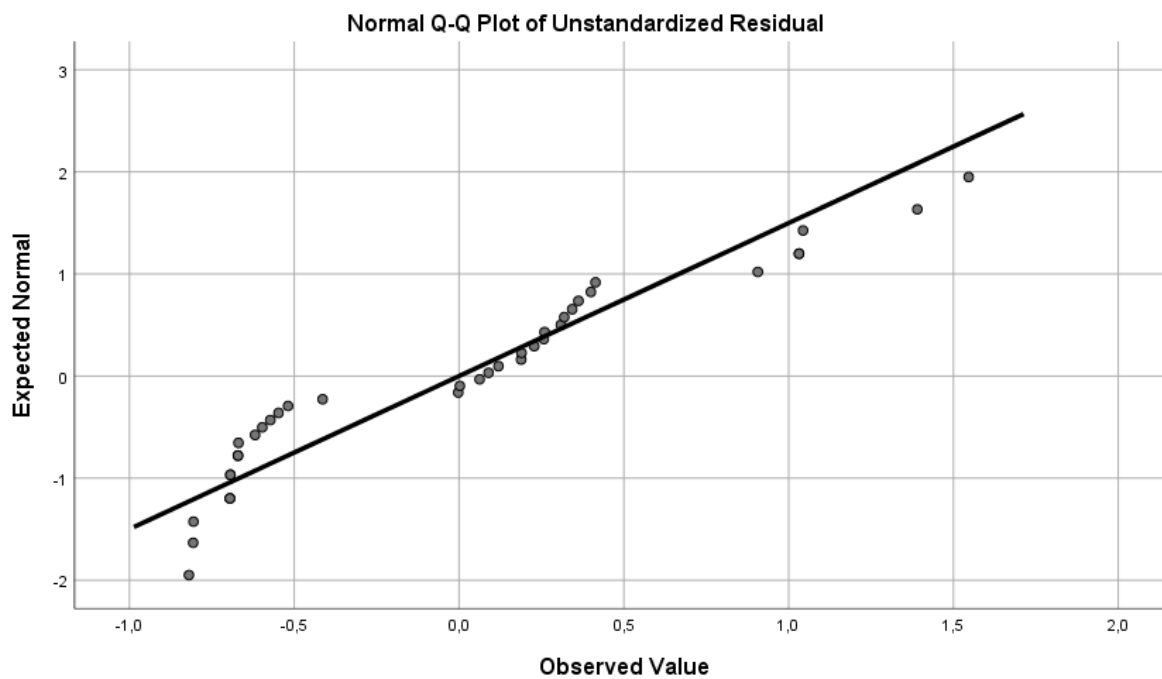
Tahap 2: Pengujian Setelah Eliminasi Outlier (N = 38)

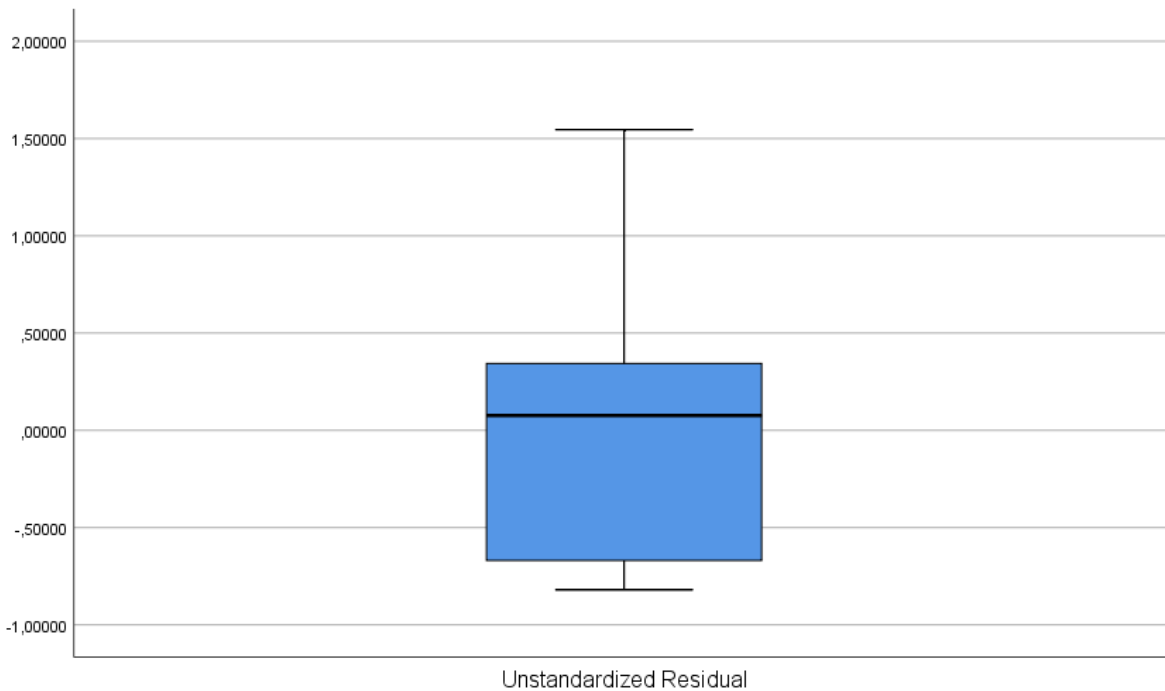
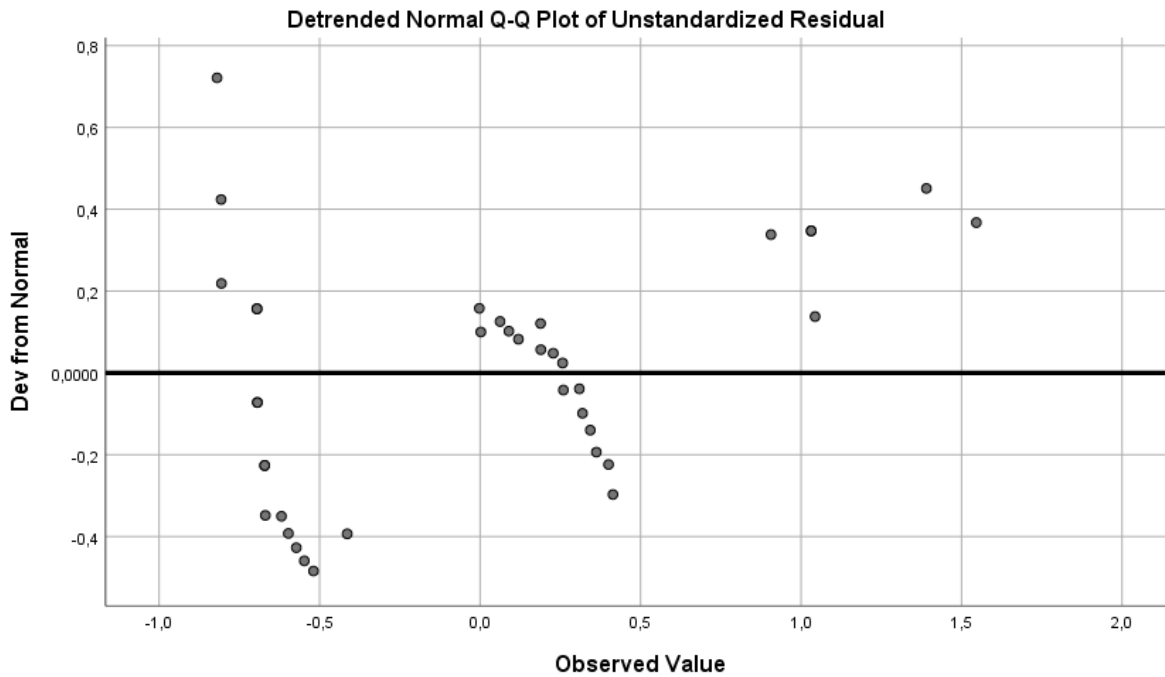
Untuk mengatasi masalah tersebut, baris data nomor 34 dan 37 diputuskan untuk dieliminasi/dihapus dari pemodelan linear, sehingga sampel berkurang menjadi 38 responden. Setelah dilakukan uji

normalitas ulang pada residu baru, diperoleh hasil:

1. *Sig.* Kolmogorov-Smirnov = 0,004 ($p < 0,05$).
2. *Sig.* Shapiro-Wilk = 0,003 ($p < 0,05$).

Catatan Metodologis: Meskipun data tersebut telah dibuang, nilai signifikansi kedua uji statistik formal di atas tetap berada di bawah 0,05, yang berarti secara matematis asumsi normalitas formal untuk Statistik Parametrik (seperti Regresi Linear) tetap tidak terpenuhi.





Oleh karena sebaran residu terbukti tetap tidak berdistribusi normal melalui uji statistik maupun grafik, maka asumsi prasyarat regresi linear formal tidak terpenuhi. Sebagai konsekuensi



metodologis yang tepat, analisis hipotesis dialihkan menggunakan pendekatan statistik Non-Parametrik.

c. Uji Analisis Inferensial (Uji Hipotesis)

Pengujian hubungan antara Kadar Kolesterol Total dengan TUC dilakukan menggunakan Uji Korelasi Non-Parametrik Spearman's Rho ($N = 38$). Hasil visualisasi pengujian adalah sebagai berikut:

1. Koefisien Korelasi (Correlation Coefficient): Nilai korelasi antara Kolesterol Total dengan TUC adalah $-0,084$.
2. Tanda negatif (-) menunjukkan arah hubungan yang berbanding terbalik; artinya, ada kecenderungan semakin tinggi kadar kolesterol total, maka waktu kesadaran efektif (TUC) penerbang akan semakin menurun.
3. Namun, nilai $0,084$ berada dekat sekali dengan angka 0 , yang menandakan tingkat kekuatan hubungan (korelasi) yang sangat lemah atau hampir tidak ada.
4. Nilai Signifikansi / Probabilitas (Sig tailed): Diperoleh nilai $p = ,614$. Karena nilai Sig. $0,614 > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Artinya, hubungan linear terbalik yang sangat lemah tersebut tidak signifikan secara statistik.

d. Diskusi (Ulasan Analisis)

Temuan statistik penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kolesterol total tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan durasi Time of Useful Consciousness (TUC) pada simulasi hipobarik akut di ketinggian 25.000 kaki. Secara teoritis, hiperkolesterolemia kronis memang dikaitkan dengan penurunan perfusi vaskular otak akibat aterosklerosis (Yu dkk., 2023). Cheng dan timnya (2014) juga menegaskan bahwa homosistein dalam metabolisme kolesterol berperan dalam memengaruhi keterkaitan kolesterol dengan fungsi kognitif, sejalan dengan penelitian West dkk. (2011) yang menunjukkan dampak negatif kadar homosistein tinggi terhadap fungsi kognitif. Dengan demikian, kolesterol dapat dipahami sebagai salah satu komponen yang bekerja sinergis dengan faktor lain, meskipun bukan determinan utama fungsi kognitif. (Atiyah, 2023), (West dkk., 2011)

Namun, hasil uji korelasi dalam penelitian ini tidak bermakna secara statistik. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor klinis dan praktis. Pertama, karakteristik sampel yang tersaring (*Healthy Pilot Effect*): penerbang aktif TNI AU merupakan populasi yang sangat terpilih secara medis, sehingga meskipun terjadi fluktuasi kolesterol harian, ambang klinis



ekstrem yang memicu sumbatan vaskular masif jarang ditemukan karena adanya regulasi *Medical Check-Up* (MCU) dan pelatihan ILA (Indoktrinasi dan latihan Aerofisiologi) secara berkala (TNI AU, 2020). Kedua, dominasi adaptasi hipoksia akut: pada ketinggian ekstrem, durasi TUC (3–5 menit) lebih ditentukan oleh mekanisme kompensasi fisiologis akut seperti hiperventilasi, peningkatan denyut jantung, dan saturasi oksigen dasar individu dibandingkan kondisi anatomis kronis pembuluh darah (Gradwell & Wilkinson, 2025). Ketiga, faktor eksternal lainnya: kondisi psikologis, tingkat kelelahan pra-uji, serta status hidrasi penerbang terbukti memiliki pengaruh langsung yang lebih kuat terhadap panjang-pendeknya jendela sadar efektif dibandingkan nilai biokimia darah statis (Putri dkk., 2024; Yuliatwati dkk., 2025).

Meskipun koefisien korelasi bernilai negatif (-0,084), hal ini tetap menjadi catatan klinis jangka panjang. Hiperkolesterolemia kronis yang tidak dimitigasi berpotensi menurunkan elastisitas pembuluh darah serebral, sehingga dalam kondisi ekstrem seperti hipoksia akut di kokpit, penurunan performa vaskular akibat akumulasi kolesterol dapat mempercepat terjadinya kehilangan kesadaran mendadak saat terbang. Dari perspektif keselamatan terbang dan pertahanan udara, pembinaan kesiapan awak pesawat tidak cukup hanya mengacu pada parameter laboratorium kolesterol normal, melainkan harus menekankan pada pelatihan hipoksia rutin (*hypoxia familiarity training*) di Lakespra dr. Saryanto untuk memperkuat refleks kedaruratan di udara. (TNI AU, 2020)

5. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian pemodelan matematis dan analisis regresi kuantitatif yang telah diimplementasikan secara saksama terhadap subjek penelitian, studi ini menghasilkan sebuah konklusi empiris yang fundamenta kadar kolesterol total dalam darah tidak memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap durasi *Time of Useful Consciousness* (TUC) pada personel penerbang aktif TNI AU. Diperoleh nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,614. Dimana lebih besar dari $\alpha 0,05$. Temuan statistik ini menerima nilai hipotesis nol (H_0). Dengan kata lain, fluktuasi angka kolesterol total dalam tubuh seorang penerbang baik berada pada rentang batas normal, ambang kewaspadaan, maupun status hiperkolesterolemia ringan bukanlah variabel yang berpengaruh langsung menentukan panjang atau pendeknya jendela waktu kesadaran efektif (*useful consciousness*) saat terjadi dekompresi kokpit mendadak di ketinggian. Meskipun analisis kausalitas regresi membuktikan tidak adanya hubungan



pengaruh yang kuat, eksplorasi lebih lanjut terhadap koefisien korelasi (r) menyajikan data minor yang menarik dari kacamata kedokteran penerbangan. Penelitian mendeteksi adanya hubungan asosiatif bernilai negatif yang lemah sebesar $-0,084$. Secara teoretis, tanda negatif ini merepresentasikan pola hubungan terbalik (*inversely proportional*). Fenomena klinis ini mengindikasikan sebuah potensi laten: terdapat kecenderungan biologis bahwa setiap peningkatan kadar kolesterol total dalam sirkulasi darah berisiko memperpendek jangka waktu TUC penerbang, meskipun kekuatan asosiasinya tergolong sangat lemah (*near-zero correlation*). Potensi ini diduga berkaitan dengan pengaruh jangka panjang viskositas darah terhadap mikrosirkulasi kapiler cerebral saat sel-sel saraf otak berada di bawah tekanan stres hipoksia ekstrem, kendati kontribusi langsungnya dalam hitungan detik TUC akut tidaklah dominan jika dibandingkan dengan kapasitas kompensasi kardiorespirasi instan. Hasil riset ini memisahkan secara tegas batas demarkasi antara risiko patologis degeneratif jangka panjang akibat profil lipid yang buruk (seperti aterosklerosis atau penyakit jantung koroner) dengan kapasitas respons adaptif organ otak yang bersifat akut terhadap hipoksia hipobarik sistemik jangka pendek. Status kolesterol penerbang terbukti tidak mengendalikan langsung daya tahan kognitif jangka pendek di kokpit. Temuan empiris ini membawa dampak dan implikasi praktis yang sangat masif bagi para pemangku kebijakan keselamatan terbang dan kesehatan personel di lingkungan TNI Angkatan Udara, khususnya bagi jajaran Dislambangjaau serta Lakespra dr. Saryanto. Data operasional ini merekomendasikan adanya reposisi cara pandang strategis; bahwa program mitigasi risiko untuk menekan bahaya penurunan fungsi kognitif, disorientasi spasial, serta perlambatan respons mental (*mental slowing*) penerbang di udara akibat kelangkaan oksigen tidak bisa lagi bertumpu atau sekadar mengandalkan kontrol klinis terhadap kadar kolesterol darah semata. Program intervensi diet ketat dan terapi farmakologis penurun lipid memang tetap krusial untuk menjaga kesehatan umum jangka panjang personel, namun tidak memiliki efek protektif instan ketika penerbang dihadapkan pada skenario kedaruratan hilangnya tekanan udara kokpit (*depressurization*). Oleh sebab itu, dalam rangka memelihara secara konsisten tingkat kesiapan operasional pertahanan udara nasional dan menjamin keselamatan aset strategis, investasi serta fokus pembinaan fisiologis personel penerbang tempur harus digeser ke arah pendekatan yang lebih holistik dan komprehensif. Kebijakan manajemen kesehatan di masa depan wajib dialokasikan pada variabel-variabel intervensi klinis yang terbukti memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan toleransi hipoksia individu. Pembinaan tersebut harus meliputi pengkondisian sistem manajemen kelelahan yang ketat (*fatigue management system*) guna mencegah deplesi glikogen otak, peningkatan kapasitas kebugaran kardiorespirasi tingkat tinggi ($VO^2 Max$



training) untuk mempercepat hantaran oksigen perifer, serta keberlanjutan simulasi taktis berkala melalui latihan penyegaran di dalam fasilitas *Hypobaric Chamber*. Kombinasi langkah-langkah strategis inilah yang dinilai sangat krusial guna memastikan "jendela waktu emas" (*golden window of time*) dalam aksi penyelamatan jiwa penerbang serta perlindungan alutsista bernilai tinggi milik negara tetap berada pada level yang paling optimal.

Daftar Pustaka

- Atiyah, S. (2023). Kolesterol dan Fungsi Kognitif. Dalam *Kolesterol: Saintifik dan Kesehatan Masyarakat* (hlm. 153–169). <http://ir.unimas.my/id/eprint/48684>
- Dwipasari, N. M. E. (2026). *Hubungan kadar kolesterol total dengan derajat hipertensi pada pasien hipertensi* [Undergraduate thesis / Skripsi]. <https://repository.poltekkes-denpasar.ac.id>
- Fachmi, M. (2018). *Korelasi Rasio Kolesterol Total/HDL terhadap Fungsi Kognitif* [Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada].
http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian_downloadfiles/260301
(etd.repository.ugm.ac.id in Bing)
- Fariza, A. F. D., Rambert, G. I., & Berhimpon, S. L. E. (2025). Gambaran Kadar Profil Lipid pada Stroke Iskemik. *e-CliniC*, 13(2), 160–165. <https://doi.org/10.35790/ecl.v13i2.60738>
- Gradwell, D., & Wilkinson, E. (2025). *Ernsting's Aviation and Space Medicine* (6 ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003033882>
- Putri, N. T. A., Savitri, P. M., Kristanti, M., & Irawan, A. I. (2024). Hypoxia and Time of Useful Consciousness in Hypobaric Chamber at 25,000 feet in Aircrew at dr. Saryanto Health Institute of Aeronautics and Space. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 13(2), 173–181. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v13i2.2024.173-181>
- Ramadhani, E. F., Qatrunnada, F. H., Davi, F. F., Prayitno, H., & Mustafa, Z. (2025). Pentingnya Penggunaan Masker Oksigen Pada Pesawat Boeing 737- 400 Saat Keadaan Darurat.



SKYHAWK : *Jurnal Aviasi Indonesia*, 5(1), 422–431. <https://doi.org/10.52074/skyhawk.v5i1.308>

Shaw, D. M., Cabre, G., & Gant, N. (2021). Hypoxic Hypoxia and Brain Function in Military Aviation: Basic Physiology and Applied Perspectives. *Frontiers in Physiology*, 12, 665821.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.665821>

Sucipta, I. J., Adi, N. P., & Kaunang, D. (2018). Relationship of fatigue, physical fitness and cardiovascular endurance to the hypoxic response of military pilots in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1073, 042044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1073/4/042044>

Sukmawati, D., Ibrahim, N., Ferdinal, F., Mudjihartini, N., Sadikin, M., Jusman, S. W. A., Satriotomo, I., & Mulyawan, W. (2025). Intermittent Exposure to Hypobaric Hypoxia Increases VEGF, HIF-1 α , and. *The Indonesian Biomedical Journal*.

TNI AU. (2020). *Petunjuk Teknis Indoktrinasi dan latihan Aerofisiologi Bagi Awak Pesawat*. Mabes Au.

Wardaya, W., Sukmawati, D., Ibrahim, N., Ferdinal, F., Mudjihartini, N., Sadikin, M., Jusman, S. W. A., Satriotomo, I., & Mulyawan, W. (2025). Intermittent Exposure to Hypobaric Hypoxia Increases VEGF, HIF-1 α , and Nrf-2 Expressions in Brain Tissue. *The Indonesian Biomedical Journal*, 17(2), 197–206. <https://doi.org/10.18585/inabj.v17i2.3519>

West, R. K., Beerli, M. S., Schmeidler, J., Mitchell, D. B., Carlisle, K. R., Angelo, G., Mavris, R., Langhoff, E., Rosendorff, C., & Silverman, J. M. (2011). Homocysteine and Cognitive Function in Very Elderly Nondemented Subjects. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 19(7), 673–677. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e3181faee37>

Yu, Y., Yan, P., Cheng, G., Liu, D., Xu, L., Yang, M., Xu, H., Cheng, X., Lian, P., & Zeng, Y. (2023). Correlation between serum lipid profiles and cognitive impairment in old age: A cross-sectional study. *General Psychiatry*, 36(2), e101009. <https://doi.org/10.1136/gpsych-2023-101009>



Tentang Penulis

Letkol Kes Derry Jatnika Bhakti adalah seorang perwira menengah militer sekaligus praktisi manajemen kesehatan dan Anggaran di Lakespra dr Saryanto . Saat ini sedang menempuh pendidikan magister di Program Studi Strategi Pertahanan Udara, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia (UNHAN RI). Memiliki fokus riset pada optimalisasi aerofisiologi, kelaikan udara, dan keselamatan penerbangan operasional TNI AU.