



## **Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Beban Kerja Pilot: Otomatisasi, Tipe Pesawat dan Jumlah Kru**

**Haris Munandar<sup>1\*</sup>**

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug  
16012110009@ppicurug.ac.id

**Reingga Modaffa Wicumantra<sup>2</sup>**

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug  
16012110018@ppicurug.ac.id

**Rinosa Ari Widagdo<sup>3</sup>**

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug  
rinosaariw@gmail.com

*Submitted : 19-02-2025    Reviewed : 21-02-2025    Accepted : 17-03-2025    Published : 20-03-2025*

### **Abstrak**

Beban kerja pilot adalah tingkat tuntutan mental dan fisik yang dialami selama operasional penerbangan. Beban kerja pilot yang berlebih dapat mengakibatkan kelelahan fisik dan mental yang berpotensi menjadi sumber kecelekaan pesawat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja pilot. Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka dengan bersumber pada jurnal, buku maupun sumber pustaka yang relevan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa otomatisasi, tipe pesawat dan jumlah kru masing-masing berpengaruh positif terhadap beban kerja pilot. Artinya masing-masing dari faktor tersebut dapat mengurangi beban kerja pilot yang berlebih. Namun, diketahui juga bahwa terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi beban kerja pilot, seperti kelelahan dan stres, lingkungan, kondisi penerbangan serta komunikasi. Penelitian ini hanya terbatas pada faktor otomatisasi, tipe pesawat dan jumlah kru. Oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut terkait faktor-faktor lain. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa maskapai penerbangan dan regulator industri perlu mempertimbangkan pengembangan teknologi otomatisasi yang lebih adaptif, penggunaan pesawat dengan desain ergonomis yang mendukung kenyamanan pilot, serta optimalisasi jumlah kru berdasarkan kompleksitas penerbangan.

**Kata kunci:** beban kerja, pilot, jumlah kru, otomatisasi, tipe pesawat

### **Abstract**

*The pilot's workload is the level of mental and physical demands experienced during flight operations. Excessive pilot workload can result in physical and mental fatigue, which has the potential to be a source of aircraft accidents. The purpose of this research is to analyze the factors that affect pilot workload. This research uses a literature study method sourced from journals, books, and other relevant literature. Based on the research results, it is known that automation, aircraft type, and crew number each have a positive impact on pilot workload. This means that each of these factors can reduce the pilot's excessive workload. However, it is also known that there are other factors that can affect a pilot's workload, such as fatigue and stress, environment, flight conditions, and communication. This study is limited to the factors of automation, aircraft type, and crew size. Therefore, further research is needed regarding other factors. The implications of this research indicate that airlines and industry regulators need to consider the development of more adaptive automation technology, the use of aircraft with ergonomic designs that support pilot comfort, and the optimization of crew numbers based on flight complexity.*

**Keywords:** workload; pilot; automation; aircraft type; numbers of crew



## **Pendahuluan**

Beban kerja pilot adalah tingkat tuntutan mental dan fisik yang dialami selama operasional penerbangan. Pengertian ini mencakup pemrosesan informasi, pengambilan keputusan cepat, serta penyesuaian terhadap situasi dinamis di kabin dan kokpit (Wickens, 2002). Pengelolaan beban kerja yang tepat menjadi kunci dalam menjaga keselamatan dan kinerja penerbangan. Penelitian menunjukkan bahwa pengukuran dan manajemen beban kerja yang efektif dapat meminimalkan risiko kesalahan operasional (Salas et al., 1995).

Beban kerja pilot adalah sebuah konstruk kompleks yang menggambarkan interaksi antara berbagai faktor yang mempengaruhi respon pilot dalam sebuah sistem operasional, yang bertindak sebagai variabel perantara yang memodulasi hubungan antara tuntutan lingkungan dan kapasitas pilot (Roscoe, 1987); Kantowitz, 1988). Beban kerja pilot sering dibagi menjadi tiga dimensi: yang berhubungan dengan tugas, meliputi kesulitan tugas penerbangan dan tekanan waktu; yang berhubungan dengan pilot, melibatkan usaha mental dan fisik, stres, dan kelelahan; dan yang berhubungan dengan hasil tindakan pilot, seperti kinerja dan frustrasi (Roscoe, 1987). Untuk mengukur beban kerja pilot, beberapa indikator digunakan, seperti ukuran objektif termasuk metrik psikofisiologis seperti detak jantung, pernapasan, dan gerakan mata, yang menawarkan pandangan multi-dimensi tentang beban kerja (Wang & Fu, 2013). Metrik aktivitas kontrol, yang berasal dari respons pilot dalam simulasi, membantu memprediksi beban kerja berdasarkan tindakan, sementara deteksi waktu nyata menggunakan indikator gangguan rendah, seperti gerakan mata dan tekanan kursi, untuk mengklasifikasikan beban kerja ke dalam beberapa kategori, seperti yang terlihat pada model-model seperti WorkloadGPT (Gao et al., 2024).

Beban kerja pilot yang berlebihan dapat menimbulkan kelelahan fisik dan mental yang serius. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan konsentrasi dan respon cepat dalam situasi kritis (Wickens, 2008). Kelelahan akibat beban kerja tinggi berpotensi meningkatkan risiko kesalahan manusia yang berujung pada insiden atau kecelakaan. Studi empiris mengonfirmasi bahwa kelebihan beban kerja berhubungan dengan meningkatnya kesalahan operasional dan penurunan kinerja (Reason, 1990).

Kecelakaan yang diakibatkan oleh kesalahan pengambilan keputusan dan stres akibat beban kerja berlebih adalah Air France Flight 447. Dalam kecelakaan ini, pilot gagal mengenali tanda-tanda stall yang terjadi saat terbang di kondisi cuaca buruk dan overload kognitif, sehingga menyebabkan respons yang tidak tepat dan akhirnya berujung pada hilangnya kendali pesawat. Analisis insiden menunjukkan bahwa kelelahan dan tekanan mental yang tinggi mengakibatkan penurunan situational awareness, yang memperburuk kemampuan pilot dalam mengambil keputusan kritis saat menghadapi kondisi darurat. Studi-studi dalam bidang psikologi penerbangan menyoroti bahwa faktor-faktor seperti overload kognitif dan kesalahan dalam pengambilan keputusan merupakan kontributor utama terhadap kecelakaan tersebut (Salas & Maurino, 2010)(Wickens, 2002).

Otomatisasi pada pesawat terbang mengacu pada penggunaan teknologi untuk melakukan tugas-tugas seperti navigasi, kontrol, dan komunikasi, yang tidak membutuhkan campur tangan manusia (Chialastri, 2012)(Sengupta et al., 2016). Hal ini memainkan peran penting untuk desain pesawat modern dengan meningkatkan keselamatan, mengurangi beban kerja pilot, dan meminimalkan kesalahan manusia(Sengupta et al., 2016). Namun, integrasi otomatisasi melibatkan dimensi tanggung jawab dan wewenang yang kompleks, dengan peran manusia dan otomatisasi yang didefinisikan dengan jelas dalam ruang dua dimensi (Lacher et



al., 2023). Interaksi antara manusia dan otomatisasi sangat penting, karena ketergantungan yang berlebihan atau kurangnya pemahaman tentang otomatisasi dapat menyebabkan kesalahan operasional, seperti yang terlihat pada bencana udara di masa lalu (Sengupta et al., 2016). Terlepas dari tantangan-tantangan ini, otomatisasi telah secara signifikan meningkatkan keselamatan penerbangan, berkontribusi pada penurunan tingkat kecelakaan dan menjadikan perjalanan udara sebagai salah satu moda transportasi yang paling aman (Chialastri, 2012). Pesawat terbang juga dilengkapi dengan indikator canggih, seperti sistem penunjuk arah otomatis dan indikator perubahan lintasan, yang menyediakan data waktu nyata bagi pilot dan meningkatkan kesadaran situasional, yang selanjutnya meningkatkan keselamatan penerbangan (Artini et al., 2005).

Menurut (El-Sayed, 2016), klasifikasi pesawat terbang dapat dilihat melalui kerangka kerja taksonomi, dengan kategorisasi aerostat dan aerodinamika sebagai dasarnya. Sistem klasifikasi ini mengalami penyempurnaan lebih lanjut melalui subdivisi, termasuk konfigurasi sayap tetap, sayap putar, dan hibrida. Selain itu, jenis alternatif, seperti flapping wing or ornithopter, lifting body, dan fan wing, juga dimasukkan dalam sistem klasifikasi ini. Jenis pesawat tertentu, seperti desain flying-wing, dibedakan berdasarkan konfigurasi aerodinamisnya yang khas yang memungkinkan kemampuan terbang hingga kecepatan subsonik dan hipersonik, dicapai melalui modifikasi sayap dengan profil tebal yang memampuni (Reshetnikov, 2021). Selain itu, unmanned vehicle(UAV) merupakan jenis pesawat lain yang dirancang untuk tugas-tugas khusus seperti pencarian dan penyelamatan, dilengkapi dengan sistem tanam yang canggih untuk navigasi dan komunikasi (Florov et al., 2020). Perbedaan ini menggarisbawahi perlunya pelatihan serta pemahaman khusus bagi para pilot untuk mengurangi risiko terkait beban kerja.

Operasi multi-kru melibatkan dua pilot atau lebih yang bekerja sama untuk mengelola pesawat, dengan kapten dan perwira pertama berbagi tanggung jawab, yang merupakan standar dalam penerbangan komersial (Andrew et al., 2000). Komunikasi yang efektif, pengambilan keputusan, dan Manajemen Sumber Daya Awak (CRM) sangat penting untuk memastikan keselamatan dan efisiensi operasional (Gearhart, 2018). Kehadiran beberapa pilot juga memberikan redundansi, yang memungkinkan satu pilot untuk mengambil alih jika pilot lainnya tidak mampu, sehingga membuat pendekatan ini lebih aman karena beban kerja bersama dan pengawasan bersama (Bailey et al., 2017). Sebaliknya, operasi dengan satu awak melibatkan satu pilot yang mengelola pesawat, sering kali dengan otomatisasi canggih dan dukungan darat untuk mengurangi biaya operasional dan mengatasi kekurangan pilot (Matessa et al., 2017). Meskipun otomatisasi memainkan peran penting dalam membantu pilot, pergeseran ke operasi pilot tunggal meningkatkan beban kerja pilot, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang keselamatan, terutama terkait faktor manusia seperti stres dan kelelahan (Bailey et al., 2017).

Tabel 1. Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Author (tahun)	Hasil Riset terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	Jazzar et al., (2023)	otomatisasi, berpengaruh positif dan negatif terhadap beban kerja pilot	otomatisasi berpengaruh terhadap beban kerja pilot	Terdapat pengaruh negatif terhadap beban kerja



2	(Andrews, 2020)	Tipe pesawat, lingkungan dan komunikasi berpengaruh terhadap beban kerja pilot	otomatisasi & jumlah kru berpengaruh terhadap beban kerja pilot	Lingkungan dan komunikasi berpengaruh terhadap beban kerja pilot
3	(Biernacki & Lewkowicz, 2024)	tipe pesawat kondisi penerbangan berpengaruh positif terhadap beban kerja pilot	tipe pesawat berpengaruh terhadap beban kerja pilot	Kondisi penerbangan berpengaruh terhadap beban kerja pilot
4	(Matessa et al., 2017)	Jumlah kru dan otomatisasi berpengaruh positif dan terhadap beban kerja pilot	Jumlah kru dan otomatisasi berpengaruh terhadap beban kerja pilot	-
5	(Faulhaber & Friedrich, 2019)	Jumlah kru berpengaruh signifikan terhadap beban kerja pilot	Jumlah kru berpengaruh terhadap beban kerja pilot	-
6	(Ladurini et al., 2024)	Otomatisasi, kelelahan dan stress berpengaruh terhadap beban kerja pilot	Otomatisasi berpengaruh terhadap beban kerja pilot	Kelelahan dan stress berpengaruh terhadap beban kerja pilot

Berdasarkan tabel 1 yang disajikan diketahui bahwasanya penelitian ini beberapa perbedaan dari segi pemilihan variabel independen yang diteliti, serta perbedaan hasil penelitian atau adanya inkonsistensi hasil penelitian. Meskipun penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi hubungan antara otomatisasi, tipe pesawat, dan jumlah kru terhadap beban kerja pilot secara terpisah, belum ada penelitian yang mengkaji ketiga faktor ini secara bersamaan dalam satu model analisis yang komprehensif. Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan menggabungkan ketiga variabel tersebut untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana faktor-faktor tersebut secara simultan mempengaruhi beban kerja pilot.

Mengelola beban kerja pilot dapat meningkatkan kinerja penerbangan dan koordinasi kru secara keseluruhan. Penelitian oleh Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO) menyoroti bahwa distribusi beban kerja yang optimal mendorong komunikasi yang lebih baik, mengurangi kelelahan, dan meningkatkan akurasi pengambilan keputusan (International Civil Aviation Organization, 1991). Agar beban kerja pilot terkelola dengan baik, penting untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja pilot. Artikel ini akan berfokus pada tiga faktor yaitu, otomatisasi, tipe pesawat dan jumlah kru. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam literatur penerbangan dengan mengkaji kombinasi faktor-faktor yang belum banyak dibahas secara bersama-sama dalam penelitian sebelumnya, serta menawarkan wawasan yang lebih aplikatif dalam pengelolaan beban kerja pilot di berbagai kondisi operasional.



## **Metode**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur. Menurut Sarwono (2006) menyatakan bahwa studi literatur yaitu pengkajian data dari berbagai buku referensi serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian untuk mendapatkan landasan teori dari masalah yang di akan teliti. Referensi pada penelitian ini didapatkan melalui media daring seperti Google Scholar, Mendeley maupun sumber lainnya yang relevan dengan permasalahan yang diteliti. Pendekatan kualitatif dalam studi literatur ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja pilot melalui analisis deskriptif terhadap temuan dari berbagai penelitian terdahulu. Dengan memahami konteks dan dinamika yang melatarbelakangi hubungan antar variabel, studi ini dapat memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai fenomena yang diteliti, yang tidak selalu dapat diungkap melalui pendekatan kuantitatif. Dari referensi tersebut penulis mengkaji pengaruh antar variabel sehingga dapat memberikan pemahaman terkait variabel-variabel yang mempengaruhi beban kerja pilot.

## **Hasil dan Pembahasan**

### **Pengaruh Otomatisasi Terhadap Beban Kerja Pilot**

Otomatisasi dalam penerbangan secara signifikan berdampak pada beban kerja pilot dengan meringankan dan merugikan, tergantung pada konteks dan tingkat otomatisasi yang digunakan. Otomatisasi bertujuan untuk mengurangi beban kerja pilot dengan menangani tugas-tugas rutin, sehingga memungkinkan pilot untuk fokus pada pengambilan keputusan penting dan meningkatkan keselamatan penerbangan (Ladurini et al., 2024). Sebagai contoh, sistem semi-otomatis telah terbukti menurunkan beban kerja kognitif dan meningkatkan waktu reaksi dibandingkan dengan penerbangan manual, karena sistem ini membuat pilot tetap terlibat tanpa membebani mereka (Yiu et al., 2024). Namun, pergeseran ke otomatisasi dapat menyebabkan pilot menjadi kaku yang berpotensi mengurangi kemampuan mereka untuk merespons secara efektif terhadap situasi yang tidak terduga karena ketergantungan pada sistem otomatis (Yiu et al., 2024). Fenomena ini dikenal sebagai *de-skilling*, yang menimbulkan kekhawatiran terhadap kemahiran pilot dan kesadaran situasional, terutama selama keadaan darurat ketika intervensi manusia sangat penting (Ladurini et al., 2024). Selain itu informasi berupa data akan lebih banyak diterima sehingga menghambat kemampuan mereka untuk membuat keputusan secara tepat waktu (Jazzar et al., 2023b). Transisi dari operasi aktif ke pemantauan pasif selanjutnya dapat mengurangi kesadaran situasional, sehingga menimbulkan risiko ketika sistem terjadi kegagalan (Jazzar et al., 2023b).

### **Pengaruh Tipe Pesawat Terhadap Beban Kerja Pilot**

Jenis pesawat memiliki dampak yang signifikan terhadap beban kerja pilot, sebagaimana dibuktikan oleh beberapa penelitian yang meneliti berbagai jenis pesawat dan kondisi penerbangan. Sebagai contoh, pilot pesawat jet cepat mengalami kinerja mental dan beban kerja yang lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang menerbangkan pesawat sayap tetap atau sayap putar, terutama dalam kondisi yang menantang seperti penerbangan dengan *night vision goggle* (NVG) (Biernacki & Lewkowicz, 2024). Vertical Take-off and Landing (VTOL), menggabungkan manuver sayap tetap dan helikopter, menghadirkan tantangan yang meningkatkan beban kerja pilot karena operasionalnya yang kompleks





Transisi pesawat tersebut juga memengaruhi beban kerja pilot, meskipun penelitian menunjukkan bahwa beban kerja dapat dijaga tetap rendah selama prosedur konversi dengan strategi kontrol yang optimal (Yan et al., 2023) (Park et al., 2024). Dalam skenario pesawat tak berawak, pilot yang mengelola UAV menghadapi puncak beban kerja kognitif, terutama selama beban komunikasi yang tinggi, meskipun sistem kontrol otonom dapat membantu mengelola beban kerja ini (Andrews, 2020). Selain itu, penggunaan sistem canggih seperti tampilan sudut serangan di kokpit dapat meningkatkan beban kerja secara moderat, tetapi meningkatkan kinerja dan keselamatan pilot selama fase penerbangan kritis (Bromfield et al., 2023) . Secara keseluruhan, jenis pesawat dan sistem serta kondisi spesifik yang terkait dengannya memainkan peran penting dalam menentukan beban kerja pilot, sehingga membutuhkan strategi dan teknologi yang disesuaikan untuk mengelola dan mengurangi tuntutan ini secara efektif.

### **Pengaruh Jumlah Kru Terhadap Beban Kerja Pilot**

Jumlah kru telah terbukti memiliki dampak yang signifikan terhadap beban kerja pilot. Berbagai penelitian telah menyoroti kompleksitas dan tantangan yang terkait dengan konfigurasi awak pesawat yang berbeda. Dalam single pilot operation (SPO), beban kerja lebih tinggi, sebagaimana dibuktikan dengan peningkatan frekuensi fiksasi dan penurunan durasi hening. Temuan ini mengindikasikan meningkatnya tuntutan temporal dan beban kognitif pada pilot (Faulhaber & Friedrich, 2019). Sebaliknya, pada kru yang terdiri dari dua orang, pembagian tugas seperti kontrol pesawat dan komunikasi dengan kontrol lalu lintas udara (ATC) dapat meringankan beban kerja individu, meskipun hal ini menimbulkan kebutuhan akan koordinasi kru yang efektif dan model mental bersama, terutama ketika menggunakan teknologi canggih seperti head-up display (HUD) (Newton David C. and Hesselroth, 2023)(Hart, 2006). Transisi dari dua menjadi tiga awak pesawat, seperti yang dibahas dalam konteks pesawat kontemporer, memerlukan tindakan penyeimbang antara beban kerja, faktor ekonomi, dan pertimbangan operasional. Transisi ini dapat dilihat sebagai sebuah trade-off, di mana penambahan awak pesawat dapat meringankan beban kerja, namun secara bersamaan dapat mengakibatkan peningkatan biaya dan penambahan berat badan pesawat (Green, 1983). Efektivitas penilaian beban kerja dengan menggunakan simulator dan uji terbang telah dibuktikan, dengan penelitian yang menunjukkan efektivitas ukuran subjektif dan fisiologis, seperti NASA Task Load Index (NASA-TLX) dan detak jantung, dalam memprediksi beban kerja. Prediksi ini sangat penting untuk menentukan jumlah awak pesawat yang optimal, guna memastikan operasi yang aman dan efisien (Zheng et al., 2019). Selain itu, tingkat beban kerja yang tinggi telah terbukti menyebabkan berkurangnya kerja sama kognitif di antara para awak kapal, yang mengakibatkan peningkatan kesalahan dan penurunan kinerja secara bersamaan. Hal ini menggarisbawahi pentingnya manajemen beban kerja yang efektif untuk memastikan keselamatan dan efisiensi (Sciaraffa et al., 2017). Dalam konteks maskapai berbiaya rendah, di mana maksimalisasi penggunaan pesawat menjadi prioritas, para kapten mengalami peningkatan beban kerja, terutama selama pelatihan simulator, sehingga penting untuk memajemen beban kerja yang cermat untuk menghindari kelelahan dan memastikan keselamatan (Majumdar et al., 2009). Jumlah total awak pesawat merupakan faktor penting dalam mengelola beban kerja pilot, yang mempengaruhi keselamatan, efisiensi, dan biaya operasional di berbagai konteks penerbangan.



## Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa poin sebagai berikut: 1) Otomatisasi dalam penerbangan mengurangi beban kerja pilot dengan mengambil alih tugas rutin, memungkinkan fokus pada pengambilan keputusan kritis, namun juga menimbulkan tantangan seperti penurunan kesadaran situasional dan risiko *de-skilling* akibat ketergantungan berlebihan pada sistem. 2) Tipe pesawat berpengaruh signifikan terhadap beban kerja pilot khususnya pada pesawat dengan kompleksitas tinggi. 3) Jumlah kru memengaruhi beban kerja pilot secara signifikan: operasi dengan pilot tunggal (SPO) meningkatkan tuntutan kognitif dan temporal, sementara kru lebih dari satu orang mengurangi beban individu melalui pembagian tugas, meski memerlukan koordinasi efektif. Dalam penelitian ini ditemukan juga terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhi beban kerja pilot. Faktor-faktor tersebut dapat dikembangkan menjadi penelitian yang lain. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menutupi kekurangan yang ada selama penulisan artikel ini

## Daftar Pustaka

- Andrew, A. M., Orlady, H. W., & Orlady, L. M. (2000). Human Factors In Multi-Crew Flight Operations. *Robotica*, 18(2), 219–223. <https://doi.org/10.1017/S0263574799212544>
- Andrews, J. (2020). *Human Performance Modeling: Analysis of the Effects of Manned-Unmanned Teaming on Pilot Workload and Mission Performance*. <https://scholar.afit.edu/etd/3225>
- Artini, F., Barre, F., Bouchet, C., & Demortier, J.-P. (2005). *Aircraft cockpit indicator*. <https://patents.google.com/patent/EP1598642A1/en>
- Bailey, R. E., Kramer, L. J., Kennedy, K. D., Stephens, C. L., & Etherington, T. J. (2017). An assessment of reduced crew and single pilot operations in commercial transport aircraft operations. *IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference*, 1–15. <https://doi.org/10.1109/DASC.2017.8101988>
- Biernacki, M., & Lewkowicz, R. (2024). The role of visual conditions and aircraft type on different aspects of pilot workload. *Applied Ergonomics*, 118, 104268. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104268>
- Bromfield, M. A., Milward, T., Everett, S. B., & Stedmon, A. (2023). Pilot performance and workload whilst using an angle of attack system. *Applied Ergonomics*, 113, 104101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104101>
- Chialastri, A. (2012). Automation in aviation. In F. Kongoli (Ed.), *Automation*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/49949>
- El-Sayed, A. F. (2016). *Classifications of Aircrafts and Propulsion Systems* (pp. 1–89). Springer, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6796-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6796-9_1)
- Faulhaber, A. K., & Friedrich, M. (2019). *Eye-Tracking Metrics as an Indicator of Workload in Commercial Single-Pilot Operations* (pp. 213–225). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32423-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32423-0_14)
- Florov, A. V., Turov, V. E., Kleshin, V. Y., Spiridonov, K. V., & Kalmykov, N. S. (2020). *Aircraft-type unmanned aerial vehicle for detection of missing person*.
- Gao, Y., Yue, L., Sun, J., Shan, X., Liu, Y., & Wu, X. (2024). WorkloadGPT: A Large Language Model Approach to Real-Time Detection of Pilot Workload. *Applied Sciences*, 14(18), 8274. <https://doi.org/10.3390/app14188274>
- Gearhart, M. (2018). *Human Factors and the Road to Single Pilot Operations*. [https://vc.bridgew.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1276&context=honors\\_proj](https://vc.bridgew.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1276&context=honors_proj)
- Green, R. (1983). Aviation psychology. II: Assessing workload and selecting pilots. *BMJ*, 286(6382), 1947–1949. <https://doi.org/10.1136/BMJ.286.6382.1947>



- Hart, S. G. (2006). NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*, 904–908.
- International Civil Aviation Organization. (1991). *Human Factors Digest No. 3: Training of Operational Personnel in Human Factors* (Issue 227). International Civil Aviation Organization. <https://standart.aero/en/icao/book/circular-227-human-factors-digest-no-3-training-of-operational-personnel-in-human-factors-en-cons>
- Jazzar, A., Alharasees, O., & Kale, U. (2023a). *Automation Level Impact on the Operators' (Pilot, Air Traffic Controller) Role and Total Loads* (pp. 149–155). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32639-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32639-4_20)
- Jazzar, A., Alharasees, O., & Kale, U. (2023b). *Automation Level Impact on the Operators' (Pilot, Air Traffic Controller) Role and Total Loads* (pp. 149–155). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32639-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32639-4_20)
- Jonathan, S. (2006). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif*. Graha Ilmu.
- Lacher, A. R., Ren, L., Maroney, D. R., Schulenberg, C., & Daniels, J. (2023). Dimensional Role Analysis: The Role of Humans and Automation for Increasingly Autonomous Aviation Systems. *2023 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICNS58246.2023.10124260>
- Ladurini, A., Crate, S., Mitchell, M., Sánchez, S. H., Eble, R., & Brockhagen, T. (2024). *Reducing Workload: A Double-Edged Sword*. 1–7. <https://doi.org/10.1109/dasc62030.2024.10749018>
- Majumdar, A., Wu, V., Subotic, B., Stewart, S., & Holmes, A. (2009). Framework for Analysis of the Workload of Training Captains. *Transportation Research Record*, 2106(1), 141–152. <https://doi.org/10.3141/2106-17>
- Matessa, M., Strybel, T. Z., Vu, K., Battiste, V., & Schnell, T. (2017). *Concept of Operations for RCO SPO*. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170007262/downloads/20170007262.pdf>
- Newton David C. and Hesselroth, J. and D. R. (2023). Impacts of Dual Head-Up Display Use on Workload in the Civil Aviation Flight Deck: Implications for Crew Coordination. In G. Chen Jessie Y. C. and Fragomeni (Ed.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality* (pp. 560–571). Springer Nature Switzerland.
- Park, J., Chen, L., Higgins, I., Zheng, Z., Mehrotra, S., Salubre, K., Mousaei, M., Willits, S., Levedahl, B., Buker, T., Xing, E., Misu, T., Scherer, S., & Oh, J. (2024). *How is the Pilot Doing: VTOL Pilot Workload Estimation by Multimodal Machine Learning on Psychophysiological Signals*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.06448>
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.
- Reshetnikov, M. I. (2021). *Flying wing type aircraft*.
- Roscoe, A. H. (1987). *The Practical Assessment of Pilot Workload: Flight Mechanics Panel of AGARD*. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA184834.pdf>
- Salas, E., & Maurino, D. (2010). *Human factors in aviation*. Academic Press.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in Team Performance: Implications for Measurement and Training. *Human Factors*, 37(1), 123–136. <https://doi.org/10.1518/001872095779049525>
- Sciaraffa, N., Borghini, G., Arico, P., Di Flumeri, G., Toppi, J., Colosimo, A., Bezerianos, A., Thakor, N. V., & Babiloni, F. (2017). How the workload impacts on cognitive cooperation: A pilot study. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 3961–3964. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037723>
- Sengupta, S., Donekal, A. K., & Mathur, A. R. (2016). Automation in Modern Airplanes - A Safety and Human Factors Based Study. *John Wiley & Sons, Ltd*. <https://incose.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2334-5837.2016.00339.x>





- Wang, Z., & Fu, S. (2013). *A layered multi-dimensional description of pilot's workload based on objective measures* (pp. 203–211). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39354-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39354-9_23)
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159–177. <https://doi.org/10.1080/14639220210123806>
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50(3), 449–455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Yan, X., Yuan, Y., & Chen, R. (2023). Research on Pilot Control Strategy and Workload for Tilt-Rotor Aircraft Conversion Procedure. *Aerospace*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/aerospace10090742>
- Yiu, C. Y., Ng, K. M., Li, Q., & Yuan, X. (2024). *How do the levels of automation in flight operations affect pilots' cognitive workload, reaction time, and EEG brain waves in cruising flights?* <https://doi.org/10.1109/ichms59971.2024.10555620>
- Zheng, Y., Lu, Y., Jie, Y., & Fu, S. (2019). Predicting Workload Experienced in a Flight Test by Measuring Workload in a Flight Simulator. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 90(7), 618–623. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5350.2019>