

## Karakteristik Temperatur Ruang Kokpit dan Efeknya terhadap Beban Termal Pilot Cessna 172 S

Ikhwanul Qiram<sup>1✉</sup>, Rifki Arif<sup>2</sup>, Untung L.N.W.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

<sup>2</sup> Flight Instructor, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Operasi Pesawat Udara, Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

Email: <sup>1</sup>ikhwanul@unibabwi.ac.id, <sup>2</sup>rifkiaissix@gmail.com, <sup>3</sup>untung.apib2020@gmail.com

### Info Artikel

#### Kata Kunci:

Temperatur, kokpit, beban termal pilot, cessna 172 S

#### Keywords:

Temperature, cockpit, thermal load pilot, cessna 172 S

### Abstrak

Aktivitas penerbangan dengan beban termal tinggi di dalam kokpit dapat berdampak besar pada kinerja fisiologis dan psikologis pilot akibat faktor kenyamanan termal, dehidrasi, dan kelelahan. Beberapa pesawat latih seperti Cessna 172S didesain tanpa penambahan sistem pengkondisi termal kokpit dengan berbagai alasan teknis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kajian tentang perkembangan penelitian kondisi termal kokpit pesawat latih Cessna 172S berbasis eksperimen. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor suhu pada beberapa titik di ruang kokpit. Pengambilan data dilakukan pada perubahan ketinggian penerbangan. Hasil penelitian dapat bermanfaat untuk memprediksi kondisi termal kokpit terhadap ergonomi pilot. Hasil dapat menjadi rekomendasi teknis desain kokpit pesawat latih Cessna 172S.

### Abstract

*Flight activities with high thermal loads in the cockpit can have a major impact on the physiological and psychological performance of pilots due to thermal comfort, dehydration, and fatigue. As a trainer aircraft, the Cessna 172S was designed without the addition of a cockpit thermal conditioning system for various technical reasons. This study aims to obtain a study of the development of experimental-based research on the cockpit thermal condition of the Cessna 172S trainer aircraft. Tests are carried out by placing temperature sensors at several points in the cockpit. Data collection is carried out on changes in flight altitude. The results of this study can be useful for predicating the cockpit thermal conditions on pilot ergonomics. The results can be a technical recommendation for the cockpit design of the Cessna 172S trainer.*

© 2022 Author

### PENDAHULUAN

Kokpit pesawat merupakan ruang utama bagi pilot dalam mengoperasikan penerbangan dan interaksi informasi (Chen et al., 2014). Selama penerbangan, Pilot pesawat menanggung berbagai jenis beban, salah satunya adalah beban termal. Kondisi batas termal yang ekstrem harus dipertimbangkan

ketika menangani masalah kenyamanan termal di kokpit pesawat, misalnya beban termal yang tinggi karena instrumen, penghuni dan radiasi matahari, perpindahan panas antara interior dan eksterior serta laju aliran udara bertekanan tinggi (Mathis et al., 2011).

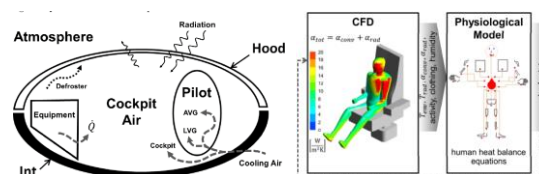
Dalam beberapa kasus, pada pesawat latih berkinerja tinggi memiliki desain kokpit yang dilengkapi kanopi transparan dengan ukuran besar dan tidak memiliki teknologi pendingin. Kondisi ini berdampak pesawat lebih sering terkena beban panas tinggi terutama saat terbang dengan ketinggian yang cukup rendah.

Ruang kokpit berhubungan dengan kenyamanan termal operasi pesawat selama penerbangan. Kenyamanan termal menggambarkan keadaan di mana manusia merasakan suhu lingkungan yang menyenangkan dan memuaskan (ASHRAE Standard, 2004). Lingkungan termal dan manusia berhubungan erat dengan pertukaran panas (Laschewski & Jendritzky, 2002). Perubahan termal dapat menyebabkan suhu fisik menjadi lebih panas yang disertai rasa tidak nyaman, berkeringat, dehidrasi dan hilangnya konsentrasi (Claus Jessen, 2014; Gaoua, 2010; Goggins et al., 2013; Mosleh et al., 2021).

Seiring dengan berkembangnya teknologi mekanikal dan elektrik, fasilitas di dalam kokpit menjadi semakin kompleks dan fungsinya semakin lengkap (Johansson, 2017). Tata letak fasilitas kokpit diatur berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi kondisi penerbangan dan persyaratan misi. Dekorasi ruang kabin didesain untuk memberikan ruang bagi pilot bekerja secara efisien (Taylor, 2004).

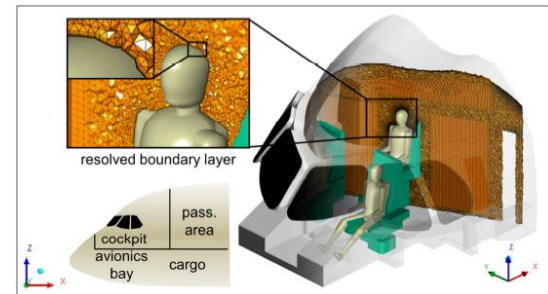
Terdapat beberapa model yang menjelaskan sistem termoregulasi manusia dalam lingkungan yang berbeda.

Model-model ini tidak memperhitungkan kenyamanan termal pilot. Dimana untuk memastikan suhu inti tubuh konstan, produksi panas (tingkat metabolisme) dan pembuangan panas harus seimbang.



Gambar 1. Model Kokpit-Pilot untuk Kenyamanan Termal (Jörg Schminder, R. Gårdhagen, 2016)

Sistem pengaturan termal yang efisien memungkinkan tubuh pilot bereaksi secara efektif terhadap tekanan termal. Kenyamanan termal dapat dipertahankan dengan regulasi termal dan adaptasi perilaku dalam batas-batas tertentu dari stres termal dan aktivitas fisik (Hardy & DuBois, 1937; Kirch et al., 2005).

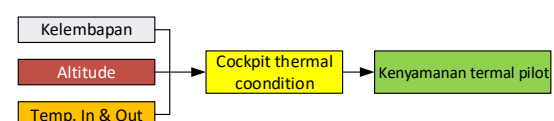


Gambar 2. Model Simulasi Lingkungan Termal dengan CFD (Mathis et al., 2011)

Disaat yang sama, hingga saat ini kenyamanan termal menjadi topik yang masih luas dan subyektif. Parameter dalam kenyamanan termal kokpit berkaitan dengan suhu, kelembapan, dan rentang hembusan angin, dan kombinasi dari semuanya itu, di mana seorang pilot merasa nyaman. Penelitian ini bertujuan untuk memperluas pengetahuan kenyamanan termal pesawat latih jenis Cessna 172 S.

## METODE

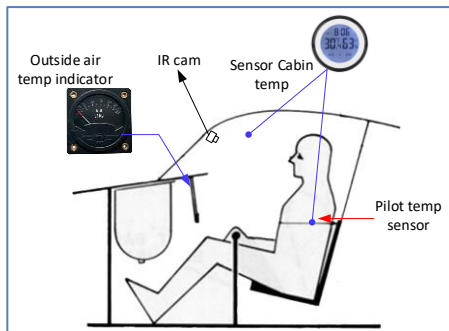
Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran lingkungan termal di kokpit pada jenis pesawat cessna 172 S. Pengambilan data melalui studi pustaka dan pengukuran langsung dilapangan dengan ketinggian yang berbeda-beda. Hasil penelitian dapat mengungkap masalah termal yang terjadi di kokpit yang dapat menjadi pertimbangan teknis pengembangan pesawat Cessna 172 S.



Gambar 3. Kerangka pikir penelitian

## Metode dan Desain

Pengukuran data temperatur menggunakan sensor suhu yang tertera pada instrumen (*temperature outside*), temperatur dalam kabin (*temperature inside*) serta suhu badan pada pilot. Sedangkan data tekanan udara berdasarkan nilai altitude serta kelembapan udara lingkungan pada setiap perubahan ketinggian pesawat. Adapun skema penelitian dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4. Skema penelitian

## Partisipan

Penelitian melibatkan *Flight instructor* pada Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi sejumlah 2 orang dengan lama durasi terbang masing-masing 1 jam di setiap percobaan.

## Analisis Data

Hasil pengukuran selanjutnya di analisis kondisi kenyamanan termal kokpit dengan mutu baku SNI 03-6572-2001.

|                | Temperature Efektif (TE) | Kelembaban / RH (%) |
|----------------|--------------------------|---------------------|
| Sejuk Nyaman   | 20,5°C TE - 22,8°C TE    | 50%                 |
| Ambang Atas    | 24°C TE                  | 80%                 |
| Nyaman Optimal | 22,8°C TE - 25,8°C TE    | 70%                 |
| Ambang Atas    | 28°C TE                  |                     |
| Hangat Nyaman  | 25,8°C TE - 27,1°C TE    | 60%                 |
| Ambang Atas    | 31°C TE                  |                     |

Gambar 5. Tabel batas kenyamanan termal menurut SNI 03-6572-2001

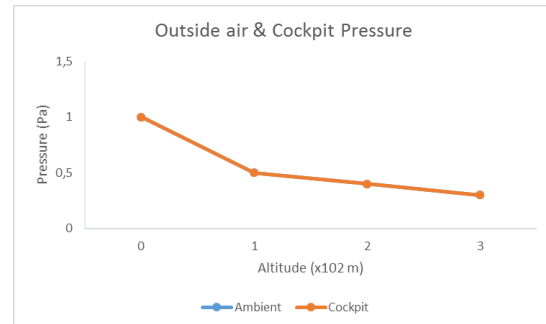
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil tes terbang diperoleh data perbandingan kondisi temperatur dapat ditampilkan di tabel 1 berikut ini:

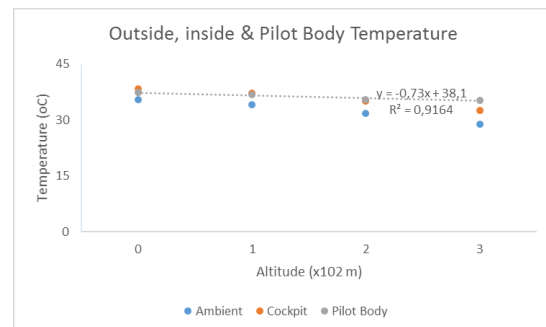
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran

| Altitude | Pressure | Temperature (°C) |
|----------|----------|------------------|
| de       | (Pa)     |                  |

| (x10 <sup>2</sup> m) | Am b | Cck pit | Am b | Cck pit | Pilot Bod y |
|----------------------|------|---------|------|---------|-------------|
| 0                    | 1    | 1       | 35,5 | 38,4    | 37,4        |
| 1                    | 0,5  | 0,5     | 34,2 | 37,2    | 36,8        |
| 2                    | 0,4  | 0,4     | 31,8 | 35,2    | 35,5        |
| 3                    | 0,3  | 0,3     | 28,9 | 32,6    | 35,4        |



Gambar 6. Grafik perbandingan temperatur lingkungan dan ruangan pada kokpit



Gambar 7. Grafik perbandingan temperatur lingkungan, ruangan kokpit dan panas tubuh pilot

Nilai pengukuran telah menunjukkan kondisi termal pada lingkungan, ruang kokpit, serta beban termal pada pilot. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kenyamanan termal rata-rata ketiga titik pengukuran berada di atas ambang batas hangat nyaman. Dimana kondisi tertinggi pada aera kokpit mencapai 38,4 dan terendah 32,6°C. Temperatur kokpit berada jauh lebih tinggi rata-rata sebesar 5,2°C dari temperatur lingkungan (*ambient/outside*). Perbedaan gradien temeperatur terjadi disemua ketinggian penerbangan (*altitude*) dan akan semakin rendah seiring ketinggian pesawat dari *ground*.

Perbedaan temperatur kokpit dan lingkungan dipengaruhi oleh beberapa faktor

yang meliputi dimensi ruang, jenis material, kapasitas beban, serta beban termal mesin. Dimensi ruang yang sangat terbatas yang disertai dengan kapasitas beban penumpang berpengaruh langsung terhadap peningkatan temperatur ruang kokpit dengan desain yang sangat terbatas. Selain itu, faktor-faktor lainnya juga berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan gradien temperatur kokpit.

Hasil penelitian juga menunjukkan kondisi beban termal pilot akibat temperatur kokpit. Dengan temperatur selisih temperatur rata-rata 0,42 °C terhadap temperatur kokpit. Perubahan temperatur tubuh tidak banyak mengalami perubahan terhadap temperatur tubuh pilot. Situasi ini dapat memicu beban fisik dan psikologis yang tinggi terutama dengan beban latihan terbang yang harus dijalankan. Berdasarkan SNI 03-6572-2001, beban termal yang dihadapi pilot berada di atas hangat nyaman yang artinya mengalami panas tinggi selama penerbangan berlangsung.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan dampak yang kuat dari kondisi batas termal lingkungan terhadap temperatur kokpit dan pilot. Faktor dimensi, jenis material, kapasitas ruang, dan panas mesin berpengaruh signifikan terhadap perubahan temperatur di berbagai kondisi ketinggian penerbangan. Beban termal yang terjadi pada hasil penelitian menunjukkan resiko tinggi pada pilot berupa gangguan kenyamanan termal dengan kondisi di atas ambang hangat nyaman atau panas.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada Akademi Penerbangan Indonesia.

## REFERENSI

- Ashrae Standard. (2004). ANSI/ASHRAE 55:2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. In *Ashrae*.
- Chen, J., Yu, S., Wang, S., Lin, Z., Liu, G., & Deng, L. (2014). Aircraft cockpit ergonomic layout evaluation based on uncertain linguistic multiattribute decision making. *Advances in Mechanical Engineering*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/698159>
- Claus Jessen. (2014). Temperature Regulation in Humans and Other Mammals. In *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York*.
- Gaoua, N. (2010). Cognitive function in hot environments: a question of methodology. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(SUPPL. 3), 60–70. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x>
- Goggins, W. B., Chan, E. Y., Yang, C., & Chong, M. (2013). Associations between mortality and meteorological and pollutant variables during the cool season in two Asian cities with sub-tropical climates: Hong Kong and Taipei. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-59>
- Hardy, J. D., & DuBois, E. F. (1937). Regulation of Heat Loss from the Human Body. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 23(12), 624–631. <https://doi.org/10.1073/pnas.23.12.624>
- Johansson, E. (2017). *The thermal comfort of the cockpit : A pilot 's experience*.
- Jörg Schminder, R. Gårdhagen, M. K. (2016). Development of a Cockpit-Pilot Model for Thermal Comfort Optimization During Long-Mission Flight. *AIAA*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2514/6.2016-0172>
- Kirch, W., Menne, B., & Bertollini, R. (2005). Extreme weather events and public health responses. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*, November, 1–303. <https://doi.org/10.1007/3-540-28862-7>
- Laschewski, G., & Jendritzky, G. (2002). Effects of the thermal environment on human health: An investigation of. *Climate Research*, 21(1), 91–103. <https://doi.org/10.3354/cr021091>
- Mathis, P., Streblow, R., Müller, D., Grün, G., & Wick, A. (2011). Thermal Comfort Simulation in Modern Aircraft Cockpits. *Roomvent, January 2016*, 1–8. [https://www.researchgate.net/profile/Paul\\_Mathis/publication/292143642\\_Thermal\\_Comfort\\_Simulation\\_in\\_Mo](https://www.researchgate.net/profile/Paul_Mathis/publication/292143642_Thermal_Comfort_Simulation_in_Mo)

dern\_Aircraft\_Cockpits/links/56ab289808aed5a01359abc1.pdf

- Mosleh, S., Abtew, M. A., Bruniaux, P., Tartare, G., Loghin, E. C., & Dulgheriu, I. (2021). Modeling and simulation of human body heat transfer system based on air space values in 3d clothing model. *Materials*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/ma14216675>
- Taylor, D. J. (2004). Human Factors In Aviation. In *Booklet*.