

# Analisis Variasi Diurnal Gaya Angkat Pesawat di Bandar Udara Internasional Yogyakarta Tahun 2020

Faqih Musyaffa<sup>\*1</sup>, Agung Hari Saputra<sup>2</sup>, Hariadi<sup>3</sup>, dan Novvria Sagita<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Iskandar Muda Banda Aceh

Jl. Bandara Sultan Iskandar Muda Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Aceh, 23337, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Diploma IV Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

Jl. Perhubungan I No. 5, Pondok Betung, Pondok Aren, Tangerang Selatan 15221, Indonesia

E-mail: \*[faqih.musyaffa@bmg.go.id](mailto:faqih.musyaffa@bmg.go.id)

Diterima: 9 April 2023, disetujui: 27 November 2023, diterbitkan online: 29 Desember 2023

## Abstrak

Informasi meteorologi diperlukan operator penerbangan untuk mendukung pesawat saat penerbangan, lepas landas, dan mendarat di landasan pacu. Operator penerbangan perlu memahami variasi unsur cuaca permukaan diurnal meliputi suhu udara permukaan, tekanan udara permukaan, dan gaya angkat pesawat untuk mendukung aktivitas penerbangan. Penelitian ini menganalisis variasi diurnal gaya angkat pesawat di Bandar Udara Internasional Yogyakarta selama periode bulan Januari-Desember tahun 2020. Pengolahan data pengamatan AWOS dilakukan secara statistik dengan perhitungan analisis bivariat secara deskriptif. Airbus A320 merupakan pesawat yang dipilih untuk menghitung gaya angkat pesawat di landasan pacu 11 dan 29. Suhu udara tertinggi sekitar 29,7°C terjadi pada pukul 06.00 UTC dan terendah sekitar 24,5°C pada pukul 23.00 UTC. Tekanan udara permukaan tertinggi sekitar 1.010,8 hPa terjadi pada pukul 02.00 UTC dan terendah sekitar 1.007,2 hPa pada pukul 09.00 UTC. Gaya angkat pesawat tertinggi sekitar 12.853 N terjadi pada pukul 23.00 UTC dan terendah sekitar 10.527 N pada pukul 06.00 UTC. Kondisi dan waktu terbaik untuk melakukan pendaratan dan lepas landas pada pukul 13.00-23.00 UTC saat terjadi gaya angkat maksimum.

**Kata kunci:** diurnal, gaya angkat pesawat, unsur cuaca

## Abstract

*Analysis of Diurnal Variation of Aircraft Lift Force at Adisutjipto International Airport in 2020: Meteorological information is required by flight operators to support aircraft during flight, takeoff, and landing on the runway. Flight operators need to understand surface weather parameter diurnal variations such as surface air temperature, surface air pressure, and lift force for the flight activities. This research analyzed the diurnal variation of aircraft lift force at Yogyakarta International Airport during the period January-December 2020. The processing of AWOS observation data was conducted statistically with descriptive bivariate analysis calculations. The Airbus A320 was selected as aircraft for calculation of the lift force on runway 11 and 29. Surface air temperature reach the highest point around 29.7°C at 06.00 UTC and the lowest reach 24.5°C at 23.00 UTC. Surface air pressure reach the highest point around 1010.8 hPa at 02.00 UTC and the lowest reach 1007.2 hPa at 09.00 UTC. Lift force reach the highest point around 12.853 N at 23.00 UTC and the lowest reach 10.527 N at 06.00 UTC. The best condition and time for landing and takeoff are between 13.00-23.00 UTC when maximum lift force.*

**Keywords:** diurnal, aircraft lift force, weather elements

## 1. Pendahuluan

Cuaca merupakan salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan aktivitas penerbangan karena dapat berpengaruh kepada kinerja performa pesawat [1]. Kinerja performa pesawat dapat dipengaruhi oleh perubahan kerapatan udara yang dapat berdampak terhadap gaya angkat pesawat [2]. Perubahan kerapatan udara ditentukan oleh besarnya suhu udara dan tekanan udara di landasan pacu yang digunakan untuk menentukan besar gaya angkat pesawat pada saat melakukan pendaratan dan lepas landas [3][4]. Ketika suhu udara tinggi, maka kerapatan udara rendah dan gaya angkat pesawat rendah. Apabila gaya angkat pesawat rendah, maka perlu dilakukan pengurangan beban pesawat dan peningkatan kinerja performa pesawat agar pesawat dapat terbang [5].

Operasional Bandar Udara Internasional Yogyakarta yang masih terhitung baru tentu memerlukan adanya kajian terbaru terkait gaya angkat pesawat di landasan pacu sebagai informasi yang dapat digunakan bagi operator penerbangan untuk melakukan pendaratan dan lepas landas. Kelebihan dan kualifikasi landasan pacu yang baik tentu memungkinkan landasan pacu Bandar Udara Internasional Yogyakarta dapat didarati oleh berbagai tipe pesawat, salah satunya adalah pesawat terbang Airbus A320. Airbus A320 merupakan salah satu pesawat yang diproduksi oleh Airbus Industrie sebagai salah satu pusat perusahaan industri penerbangan yang menguasai pasar pesawat di dunia. Selain itu, banyak pesawat keluaran pabrikan tersebut yang digunakan di Indonesia [6]. Pemahaman mengenai variasi gaya angkat pesawat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan keselamatan penerbangan di

landasan pacu [7]. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan variasi diurnal unsur cuaca suhu udara, tekanan udara permukaan, dan gaya angkat pesawat Airbus A320 untuk mengetahui kondisi dan waktu terbaik kinerja performa pesawat berdasarkan unsur cuaca permukaan di Bandar Udara Internasional Yogyakarta tahun 2020 dalam melakukan pendaratan dan lepas landas.

## 2. Metodologi

### 2.1. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan penelitian korelasi dan bersifat deskriptif kuantitatif. Penelitian korelasi ditujukan untuk melihat hubungan antara dua variabel yang ditampilkan dalam bentuk korelasi [8]. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis bivariat.

### 2.2. Pengolahan Data

Unsur cuaca permukaan suhu udara dan tekanan udara memengaruhi besar kerapatan udara di suatu tempat [9]. Kerapatan udara dapat dihitung menggunakan (1) [10].

$$\rho = \frac{P}{T \cdot R} \quad (1)$$

Keterangan:

$\rho$  = Kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$P$  = Tekanan udara statis (hPa)

$T$  = Suhu udara absolut (K)

$R$  = Konstanta gas untuk udara kering (287.06 J/kg.K)

Kerapatan udara berhubungan erat dengan tekanan dinamis. Tekanan dinamis dapat terjadi akibat adanya aliran udara yang bergerak. Persamaan untuk menghitung tekanan dinamis menurut disajikan pada (2) [11].

$$q = \left(\frac{1}{2}\right) (\rho * V^2) \quad (2)$$

Keterangan:

$q$  = Tekanan dinamis (hPa)

$\rho$  = Kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

Gaya angkat merupakan penurunan dari beberapa persamaan penting dalam hukum dasar fisika, hukum dasar gerak Newton, dan prinsip Bernoulli. Gaya angkat pesawat merupakan salah satu gaya aerodinamis yang bergerak melalui udara pada sayap pesawat dan berfungsi agar pesawat dapat terbang [12]. Persamaan untuk menghitung gaya angkat pesawat disajikan pada (3) [13].

$$L = \left(\frac{1}{2}\right) (\rho * V^2 * Cl * s) \quad (3)$$

Keterangan:

$L$  = Lift force (lift, N)

$\rho$  = Kerapatan udara (density,  $\text{kg/m}^3$ )

$V$  = Kecepatan aliran (velocity, m/s)

$Cl$  = Koefisien lift ( $\text{sec}^2/\text{m}$ )

$s$  = Luas permukaan sayap pesawat (area,  $\text{m}^2$ )

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan analisis bivariat dengan teknik korelasi *Pearson's moment product* (korelasi Pearson) untuk melihat korelasi antara kedua variabel yang dibandingkan dengan sumber data berbentuk interval dan sama [14]. Perhitungan koefisien korelasi Pearson dilakukan untuk mengetahui hubungan korelasi antara suhu udara, tekanan udara, dan gaya angkat pesawat di landasan pacu. Nilai koefisien korelasi dapat diperoleh menurut [15] menggunakan (4) sebagai berikut.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Keterangan:

$r$  = koefisien korelasi Pearson

$x_i$  = data  $x$  ke- $i$

$y_i$  = data  $y$  ke- $i$

$\bar{x}$  = rata-rata nilai variabel  $x$

$\bar{y}$  = rata-rata nilai variabel  $y$

$n$  = banyak data  $n$

$i$  = 1, 2, 3 ...  $n$

Selanjutnya, dilakukan interpretasi nilai koefisien “r” yang diperoleh menggunakan acuan kriteria pada Tabel 1 berikut [16].

**Tabel 1.** Interpretasi koefisien korelasi

Koefisien korelasi	Interpretasi
0,00-0,10	Sangat Lemah
0,10-0,39	Lemah
0,40-0,69	Sedang
0,70-0,89	Kuat
0,90-1,00	Sangat Kuat

Sumber: [16]

### 2.3. Analisis Data

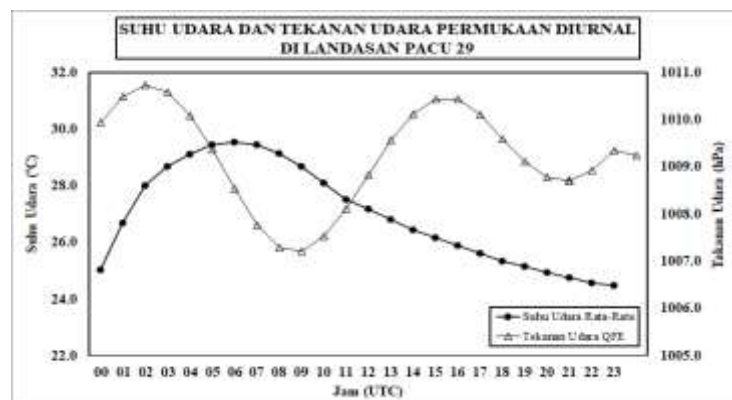
Langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis nilai variasi diurnal suhu udara permukaan, tekanan udara permukaan, dan gaya angkat pesawat (*lift force*) berdasarkan data suhu dan tekanan udara dari Stasiun Meteorologi Kelas II Yogyakarta yang disajikan dalam bentuk grafik periode diurnal. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis bivariat untuk mencari hubungan korelasi antara pola unsur cuaca permukaan diurnal dengan gaya angkat pesawat (*lift force*) di lokasi penelitian yang disajikan dalam bentuk matriks korelasi dan diakhiri dengan mencari kesimpulan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

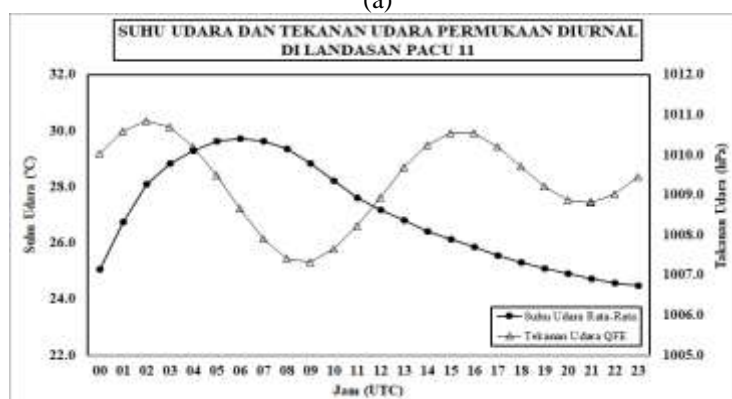
### 3.1. Analisis Variasi Diurnal Suhu Udara dan Tekanan Udara Permukaan

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan aplikasi pengolah data (*spreadsheet*), diperoleh grafik variasi diurnal suhu udara dan tekanan udara permukaan yang disajikan pada Gambar 1.

Secara umum, grafik suhu udara permukaan dan tekanan udara permukaan di kedua landasan pacu menunjukkan pola yang sama. Suhu udara tertinggi terjadi pada pukul 06.00 UTC dan terendah terjadi pada pukul 23.00 UTC, sedangkan tekanan udara tertinggi untuk puncak pertama terjadi pada pukul 02.00 UTC dan terendah pada pukul 09.00 UTC serta tekanan udara tertinggi untuk puncak kedua terjadi pada pukul 15.00 UTC dan terendah pada pukul 21.00 UTC. Suhu udara di kedua landasan berkisar antara 24,5 hingga 29,7°C, sedangkan tekanan udara berkisar antara 1.007,2 hPa hingga 1.010,8 hPa.



(a)



(b)

Sumber: hasil analisis, 2021

**Gambar 1.** Suhu udara dan tekanan udara permukaan diurnal di Bandar Udara Internasional Yogyakarta tahun 2020 (a) landasan pacu 29 dan (b) landasan pacu 11

### 3.2. Analisis Variasi Diurnal Gaya Angkat pesawat

Berdasarkan data spesifikasi tipe pesawat Airbus A320, dapat diperoleh hasil perhitungan gaya angkat pesawat yang disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, variasi diurnal gaya angkat pesawat di kedua landasan pacu untuk tipe pesawat Airbus A320 menunjukkan pola yang sama dengan nilai tertinggi terjadi pada pukul 23.00 UTC dan terendah pada pukul 06.00 UTC. Nilai gaya angkat pesawat tertinggi di landasan pacu 29 sebesar 12.845 N dan terendah sebesar 10.642 N dengan rata-rata sebesar 11.717 N, sedangkan gaya angkat pesawat tertinggi di landasan pacu 11 sebesar 12.853 N dan terendah sebesar 10.572 N dengan rata-rata sebesar 11.699 N. Gaya angkat maksimum di atas rata-rata terjadi pada pukul 13.00-23.00 UTC dan gaya angkat minimum terjadi pada pukul 02.00-12.00 UTC. Waktu dan kondisi terbaik yang memungkinkan untuk melakukan aktivitas penerbangan adalah pada saat terjadi gaya angkat maksimum. Hal ini dikarenakan semakin tinggi gaya angkat pesawat, maka semakin mudah pesawat untuk terbang [12].



(a)



(b)

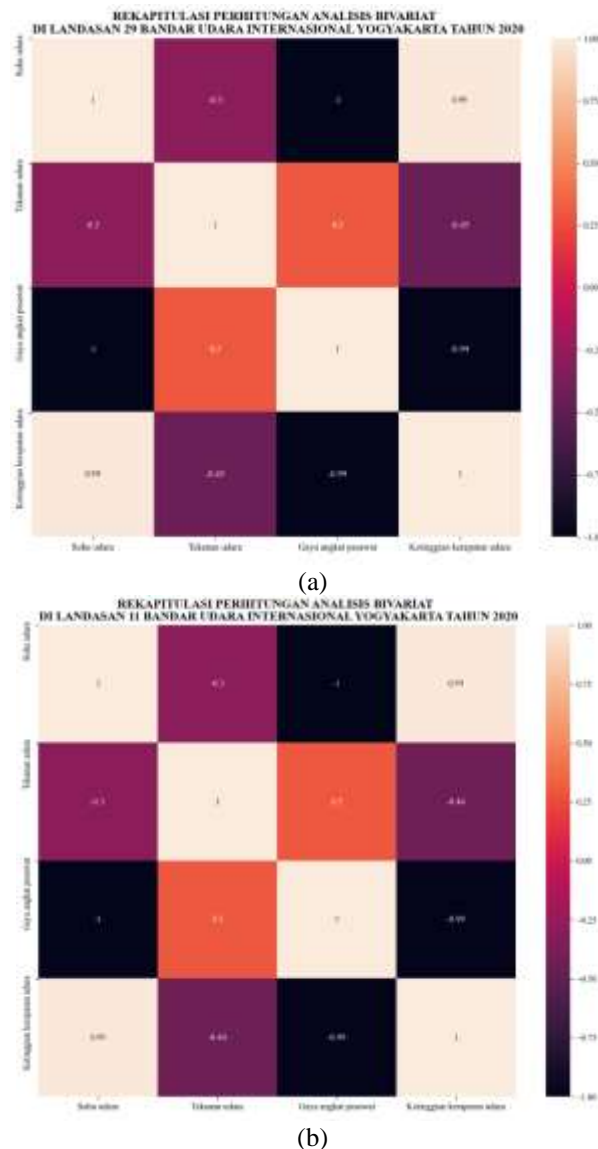
Sumber: Hasil analisis, 2021

**Gambar 2.** Variasi diurnal gaya angkat pesawat Airbus A320 di Bandar Udara Internasional Yogyakarta tahun 2020 (a) landasan pacu 29 dan (b) landasan pacu 11

### 3.3. Analisis Bivariat

Hubungan antara suhu udara, tekanan udara, dan gaya angkat pesawat disusun dalam bentuk matriks korelasi yang disajikan pada Gambar 3. Secara umum, nilai koefisien korelasi antara suhu udara, tekanan udara, dan gaya angkat pesawat di kedua landasan pacu menunjukkan pola yang sama (Gambar 3). Suhu udara permukaan berkorelasi negatif sangat kuat terhadap gaya angkat pesawat yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar -1. Berbeda dengan suhu udara, tekanan udara permukaan menunjukkan nilai berkorelasi positif terhadap gaya angkat pesawat dalam kategori lemah dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,3. Sementara itu, suhu udara permukaan memiliki hubungan yang berkebalikan dengan tekanan udara permukaan, yang ditandai dengan nilai berkorelasi negatif sebesar -0,3 dan termasuk kategori lemah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu udara, maka semakin rendah tekanan udara dan semakin rendah gaya angkat pesawat. Parameter suhu udara permukaan merupakan unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap gaya angkat pesawat. Dengan demikian, hasil penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh [7] dan [17]. Merujuk pada hasil analisis, maka suhu udara dan

tekanan udara permukaan perlu dipertimbangkan dalam operasi penerbangan. Berkaitan dengan operasi penerbangan, kondisi dan waktu terbaik untuk melakukan pendaratan dan lepas landas adalah pada pukul 13.00-23.00 UTC saat terjadi gaya angkat maksimum.



Sumber: Hasil analisis, 2021

**Gambar 3.** Matriks korelasi unsur cuaca permukaan diurnal dengan gaya angkat pesawat tahun 2020 (a) landasan pacu 29 dan (b) landasan pacu 11

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa suhu udara tertinggi sekitar 29,7°C terjadi pada pukul 06.00 UTC dan terendah sekitar 24,5°C pada pukul 23.00 UTC. Tekanan udara permukaan tertinggi sekitar 1.010,8 hPa terjadi pada pukul 02.00 UTC dan terendah sekitar 1.007,2 hPa pada pukul 09.00 UTC. Nilai gaya angkat tertinggi terjadi pada pukul 23.00 UTC sebesar 10.572-12.853 N dan terendah pada pukul 06.00 UTC sebesar 10.642-12.845 N. Kondisi dan waktu terbaik untuk melakukan pendaratan dan lepas landas adalah pada pukul 13.00-23.00 UTC saat terjadi gaya angkat maksimum.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Program Studi Diploma IV Meteorologi Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG) yang telah memberikan bimbingan, saran, dan perbaikan dalam penulisan artikel ilmiah ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan Stasiun Meteorologi Kelas II Yogyakarta yang telah menyediakan data unsur cuaca permukaan guna mendukung penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Fatkhuroyan Fatkhuroyan, T. Wati, and A. Kamid, "Karakteristik Angin Dan Temperatur Disekitar Calon Bandara Kulon Progo Untuk Keperluan Take Off Dan Landing Pesawat," Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.21009/03.snf2018.02.pa.11>.
- [2] C. J. Ejeh, G. P. Akhabue, E. A. Boah, and K. K. Tandoh, "Evaluating the influence of unsteady air density to the aerodynamic performance of a fixed wing aircraft at different angle of attack using computational fluid dynamics," *Results in Engineering*, vol. 4, p. 100037, Dec. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100037>.
- [3] Akhmad Fadholi, "Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat Di Bandara Sultan Babullah Ternate (1981-2008)," *Forum Ilmiah*, vol. 10, no. 01, Jan. 2013.
- [4] T. Guinn and R. Barry, "Quantifying the Effects of Humidity on Density Altitude Calculations for Professional Aviation Education," *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 2016, doi: <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2016.1124>.
- [5] E. D. Coffel, T. R. Thompson, and R. M. Horton, "The impacts of rising temperatures on aircraft takeoff performance," *Climatic Change*, vol. 144, no. 2, pp. 381–388, Jul. 2017, doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2018-9>.
- [6] M. Mora, "Persaingan Airbus dan Boeing di Industri Jasa Angkutan Udara Indonesia," *WARTA ARDHIA*, vol. 39, no. 4, pp. 244–258, Dec. 2013, doi: <https://doi.org/10.25104/wa.v39i4.123.244-258>.
- [7] I. J. A. Saragih, B. W. Yonas, and N. Rinaldy, "STUDI PENGARUH SUHU DAN TEKANAN UDARA TERHADAP OPERASI PENERBANGAN DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU", *PROSIDING SNF*, vol. 6, pp. SNF2017-EPA, Oct. 2017.
- [8] Siyoto, S., and Sodik, M. A., "Dasar Metodologi Penelitian", Yogyakarta: Literasi Media Publishing (2015) pp 100.
- [9] Durham, W., "Aircraft flight dynamics and control". John Wiley & Sons (2013).
- [10] Betchold, P., "Atmospheric Thermodynamics", England: ECMWF (2015) pp. 1-2.
- [11] T. T. Ogunwa and Ermira Junita Abdullah, "Flight dynamics and control modelling of damaged asymmetric aircraft," vol. 152, pp. 012022–012022, Oct. 2016, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/152/1/012022>.
- [12] FAA. (2016). FAA-H-8083-25A: Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. USA: United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration. Available: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak)
- [13] Chowdhury, S., "Application of Flight Principle in Success Achievement Model". *International Journal of Engineering and Management Research (IJEMR)*, 5(5), 88-93.
- [14] R. A. Armstrong, "Should Pearson's Correlation Coefficient Be avoided?," *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 39, no. 5, pp. 316–327, Aug. 2019, doi: <https://doi.org/10.1111/opo.12636>.
- [15] A. Takahashi and T. Kurosawa, "Regression correlation coefficient for a Poisson regression model," *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 98, no. 2, pp. 71–78, Jun. 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2015.12.012>.
- [16] P. Schober, C. Boer, and L. A. Schwarte, "Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation," *Anesthesia & Analgesia*, vol. 126, no. 5, pp. 1763–1768, 2018, doi: <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002864>.
- [17] Putra, I. D. G. A., "Variasi Suhu Udara, Suhu Titik Embun, Dan Tekanan Udara Terhadap Gaya Angkat Pesawat Di Bandara Supadio Pontianak Tahun 2016", *Megasains*, 11(1), 20-23, 2020.