

Studi Korelasi Variasi Suhu Udara, Titik Embun, Tekanan Udara terhadap Gaya Angkat Pesawat dengan Mempertimbangkan Komponen Angin Di Bandara Internasional Kualanamu

David Karunia Sianturi^{1*}, Kevin Hutahaean¹, Yosafat Donny Haryanto¹

¹Program Penelitian Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v6i4.1270>

Article Info:

Received : 20 September 2025
Revised : 29 September 2025
Accepted : 19 Oktober 2025
Published : 10 November 2025

Correspondence:

David Karunia Sianturi
Phone: +6282261064130

Abstract: This study analyzes the correlation between variations in air temperature, dew point, and air pressure on aircraft lift force while considering wind components at Kualanamu International Airport using a quantitative descriptive-correlational approach based on observational METAR and SPECI data throughout 2024. The analyzed parameters included air temperature (°C), dew point (°C), air pressure (hPa), wind direction (°), and wind speed (knot), with lift force calculated based on Boeing 737-800 specifications. The results show that air temperature has a consistent positive correlation with lift force throughout the year ($r = 0.35-0.6$) with the highest value in April ($r = 0.603$) and the strongest correlation in the temperature range of 28-33°C, dew point shows variable correlation patterns between months ($r = -0.301$ to 0.603), while air pressure shows consistent negative correlation ($r = -0.1$ to -0.47) with the strongest correlation in July ($r = -0.472$) in the pressure range of 1003-1010 mb. The research concludes that air temperature is the most influential meteorological parameter on aircraft lift force with stable positive correlation, while wind components (headwind/tailwind) have relatively small effects on lift force for large commercial aircraft.

Keywords: Aircraft lift force, meteorological parameters, correlation, Kualanamu Airport, tropical climate

Citation: Sianturi, D. K., Hutahaean, K., & Haryanto, Y. D. (2025). Studi Korelasi Variasi Suhu Udara, Titik Embun, Tekanan Udara terhadap Gaya Angkat Pesawat dengan Mempertimbangkan Komponen Angin Di Bandara Internasional Kualanamu. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(4), 1870-1875. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v6i4.1270>

Pendahuluan

Bandara Internasional Kualanamu merupakan salah satu bandara utama di Indonesia yang berada di wilayah Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Sejak dioperasikan pada tahun 2013, bandara ini menggantikan fungsi Bandara Polonia sebagai pusat layanan penerbangan domestik dan internasional untuk wilayah Medan dan sekitarnya. Kualanamu beroperasi di wilayah dataran rendah dengan elevasi sekitar 9 meter di atas permukaan laut dan terletak pada koordinat 3°34'LU dan 98°41'BT. Letak geografis ini menempatkannya pada zona iklim tropis basah, yang ditandai oleh suhu udara yang relatif tinggi sepanjang tahun, kelembapan udara yang cenderung mendekati

jenuh, serta curah hujan yang bervariasi secara musiman. Pengamatan cuaca di Bandara Kualanamu dilakukan secara operasional oleh Stasiun Meteorologi Kelas I Kualanamu dengan menggunakan format laporan METAR dan SPECI yang diterbitkan secara berkala. METAR direkam secara rutin setiap 30 menit, sedangkan SPECI digunakan untuk melaporkan perubahan cuaca bermakna di luar jadwal laporan reguler. Format laporan ini mencakup parameter-parameter penting seperti suhu udara, titik embun, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, serta fenomena meteorologis lainnya.

Keunggulan format ini adalah kemampuannya merekam kondisi atmosfer yang aktual dan detail,

Email: sianturidavid05@gmail.com

sehingga memberikan gambaran yang representatif untuk digunakan dalam kajian hubungan antara cuaca dan performa penerbangan. Dengan menggunakan data observasional dari METAR dan SPECI tahun 2024, penelitian ini memanfaatkan informasi meteorologis yang real-time dan berdurasi singkat, yang jarang ditemukan dalam penelitian lain di kawasan tropis. Salah satu aspek yang sangat dipengaruhi oleh cuaca adalah gaya angkat atau lift, yakni gaya aerodinamis yang memungkinkan pesawat untuk terbang. Gaya angkat sangat tergantung pada kondisi fisik udara, yang ditentukan oleh suhu, tekanan, dan kelembapan udara. Ketika suhu meningkat, molekul udara bergerak lebih cepat dan lebih renggang, sehingga kerapatan udara menurun.

Menurut Seth D. Seidel dkk. (2020), hal yang sama terjadi ketika kelembapan udara meningkat; udara jenuh dengan uap air memiliki massa jenis lebih rendah dibandingkan udara kering. Penelitian oleh Coffel dan Horton (2016) juga memperkuat penelitian ini, yang menyatakan bahwa meningkatnya suhu global dapat memperburuk kondisi udara yang menyebabkan penurunan kerapatan udara di bandara. Selain itu, tekanan atmosfer yang menurun juga akan mengurangi jumlah molekul udara dalam satuan volume, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian Balicki dkk. (2025) yang menguraikan pengaruh kondisi atmosfer terhadap kinerja mesin dan kebutuhan jarak landasan pacu. Semua kondisi ini mengarah pada penurunan kerapatan udara yang pada akhirnya menyebabkan penurunan gaya angkat yang dapat dihasilkan oleh pesawat (McRae dkk., 2021; Gratton dkk., 2021).

Kondisi atmosfer itu menimbulkan sejumlah dampak terhadap kegiatan operasional. Pada saat lepas landas, pesawat harus mencapai kecepatan yang lebih tinggi untuk menghasilkan gaya angkat yang sesuai. Hal ini menyebabkan perlunya lintasan pacu yang lebih Panjang. Dalam penelitian oleh Guinn dan Barry (2016), peningkatan kerapatan udara akibat suhu dan kelembapan tinggi secara signifikan menurunkan performa pesawat kecil, dan prinsip ini berlaku juga untuk pesawat komersial meskipun dengan perbedaan yang lebih besar. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai pengaruh variabel meteorologis terhadap gaya angkat penting tidak hanya bagi pilot, tetapi juga bagi pengelola bandara dan pihak otoritas penerbangan. Berbagai penelitian sebelumnya telah menyoroiti hubungan antara variabel atmosfer seperti suhu, tekanan, dan kelembapan dengan daya angkat pesawat. Namun sebagian besar penelitian tersebut kurang memperhitungkan komponen angin, seperti yang dilakukan Fadholi (2013) di Bandara Babullah Ternate dan Emor dkk. (2021) di Bandara Sam Ratulangi. Dalam kajian-kajian tersebut, kondisi atmosfer kerap

diasumsikan ideal, termasuk menganggap udara dalam keadaan diam (*still air*) tanpa mempertimbangkan dinamika angin terhadap arah gerak pesawat. Padahal, dalam kondisi riil di lapangan, keberadaan angin relatif terhadap pesawat, terutama komponen sejajar lintasan seperti headwind atau tailwind, berperan penting dalam menentukan besar gaya angkat aktual yang terjadi. Secara teori fisika, ketika suhu meningkat atau kelembapan tinggi, kerapatan udara menurun, dan gaya angkat seharusnya ikut menurun. Namun, dalam praktiknya, keberadaan headwind dapat meningkatkan kecepatan relatif aliran udara terhadap sayap, yang berkontribusi meningkatkan gaya angkat meskipun kerapatan udara rendah. Penelitian oleh Mehmood dkk. (2023) mengatakan bahwa pada simulasi pada sudut sinkronisasi glide slope, headwind 25 ft/s meningkatkan effective airspeed, sehingga menghasilkan lift yang lebih besar, menyebabkan overshoot touchdown point sekitar 3000 ft. Sebaliknya, tailwind mengurangi lift, menyebabkan undershoot, menunjukkan peranan utama headwind dalam meningkatkan gaya angkat.

Penelitian oleh Razzaaq dkk. (2024) di lokasi yang sama memang telah mengevaluasi hubungan antara suhu dan tekanan terhadap gaya angkat, namun belum secara spesifik memasukkan komponen arah angin terhadap runway ke dalam analisis. Padahal dalam praktik operasional, pesawat tidak hanya berhadapan dengan kondisi atmosfer statis, melainkan dinamis, yang salah satunya ditentukan oleh arah dan kecepatan angin permukaan. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil pendekatan yang lebih komprehensif, dengan tidak hanya mengamati variabel atmosfer utama seperti suhu, tekanan, dan titik embun, tetapi juga memasukkan analisis arah angin terhadap runway, yang diklasifikasikan menjadi headwind dan tailwind, sebagai salah satu penentu perubahan aktual gaya angkat pada kondisi cuaca tropis.

Penelitian ini membahas penambahan analisis komponen angin terhadap arah lintasan pacu (*runway*), yang diklasifikasikan menjadi *headwind* dan *tailwind*. Arah dan kecepatan angin relatif terhadap arah pergerakan pesawat berperan langsung dalam menentukan kecepatan relatif udara dengan sayap. *Headwind*, yaitu angin yang berhembus dari arah depan pesawat, dapat membantu meningkatkan gaya angkat karena memperbesar kecepatan relatif. Dengan mempertimbangkan kompleksitas dan dinamika kondisi atmosfer di wilayah tropis seperti Sumatera Utara, serta tingginya frekuensi operasi penerbangan di Bandara Kuala Namu, maka penting untuk memahami secara mendalam bagaimana interaksi antara suhu udara, titik embun, tekanan atmosfer, dan arah angin terhadap runway dapat memengaruhi gaya angkat

pesawat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antar variabel tersebut berdasarkan data observasional sepanjang tahun 2024, menggunakan pendekatan statistik dan korelasional. Kebaruan dari penelitian ini tidak hanya terletak pada lokasi dan cakupan waktu pengamatan, tetapi juga pada integrasi komponen angin terhadap runway sebagai variabel penting dalam evaluasi performa gaya angkat.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan korelasional, yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara parameter meteorologis dengan gaya angkat (lift) pesawat di Bandara Internasional Kualanamu. Lokasi ini dipilih karena karakteristik iklim tropis basah dan kepadatan operasional penerbangan yang tinggi. Penelitian dilakukan berdasarkan data observasional selama tahun 2024, menggunakan laporan meteorologi METAR dan SPECI yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kelas I Kualanamu. Format METAR direkam setiap 30 menit, sedangkan SPECI diterbitkan saat terjadi perubahan cuaca yang signifikan di luar siklus waktu reguler. Data yang dikumpulkan meliputi suhu udara (°C), titik embun (°C), tekanan udara (hPa), arah angin (°), dan kecepatan angin (knot). Untuk menjaga konsistensi data, semua laporan dengan arah angin variabel (VRB) tidak digunakan karena tidak dapat dihitung secara vektoral terhadap arah lintasan pacu. Sebagai langkah awal, titik embun dikonversikan menjadi tekanan uap jenuh melalui pendekatan Magnus-Tetens berikut:

$$E_s = 6,11 \times 10^{\frac{7,5T_d}{237,5+T_d}}$$

$$P_d = P - E_s$$

$$\rho = \frac{P_d}{R_d \cdot T} + \frac{E_s}{R_v \cdot T}$$

$$u = ff \cdot \cos(W - RW)$$

Dimana

- Es = Tekanan uap air (Pa)
- Td = Suhu titik embun (°C)
- P = Tekanan Udara Terukut (Pa)
- ρ = massa jenis (kg/m³)
- Rd = Konstanta gas khusus untuk udara kering 287.058 J/(kg K)
- Rv = Konstanta gas khusus untuk uap air 461.495 J/(kg K)
- T = suhu pengamatan (K)
- u = kecepatan angin headwind atau tail wind

Secara fisika, gaya gaya angkat pesawat timbul sebagai hasil interaksi antara bentuk geometri permukaan pesawat, khususnya sayap (*airfoil*), dengan aliran udara di sekitarnya. Besarnya gaya angkat

dipengaruhi oleh tiga komponen utama, yaitu: Luas permukaan efektif dari objek yang bersinggungan dengan aliran udara (umumnya permukaan sayap), Tekanan dinamis dari aliran udara yang mengalir melewati permukaan tersebut, dan Koefisien gaya angkat (CL), yaitu indeks tanpa satuan yang menggambarkan efisiensi suatu bentuk geometri dalam menghasilkan gaya angkat berdasarkan distribusi tekanan relatif di atas dan bawah permukaan objek.

Berdasarkan data spesifikasi teknis pesawat Boeing 737-800 yang diperoleh dari PT. Merpati Nusantara Airlines, diketahui bahwa luas permukaan sayap (S) pesawat tersebut adalah sekitar 120 m². Kecepatan rata-rata pesawat saat proses lepas landas (*take-off*) berkisar pada 75 m/s. Nilai koefisien gaya angkat (CL) pesawat ini pada konfigurasi *take-off* dilaporkan sekitar 0,64 s/m³. Selain itu, kecepatan relative (V) merupakan kecepatan relative pesawat terhadap massa udara. Secara matematis, gaya angkat (L) dapat dinyatakan dengan rumus:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot CL$$

Koefisien gaya angkat (CL) memiliki peran penting karena koefisien ini merepresentasikan ukuran relatif dari gaya aerodinamika yang tidak bergantung pada variabel fisik seperti luas permukaan sayap, massa jenis udara, maupun kecepatan aliran udara. Nilai koefisien ini ditentukan sepenuhnya oleh karakteristik geometris sayap, termasuk bentuk profil dan sudut serang (*angle of attack*), karena keduanya memengaruhi distribusi tekanan di sekitar permukaan sayap. Selain itu, keberadaan koefisien ini memungkinkan dilakukannya analisis yang lebih mendalam terkait efek kompresibilitas dan viskositas fluida terhadap performa aerodinamika pesawat.

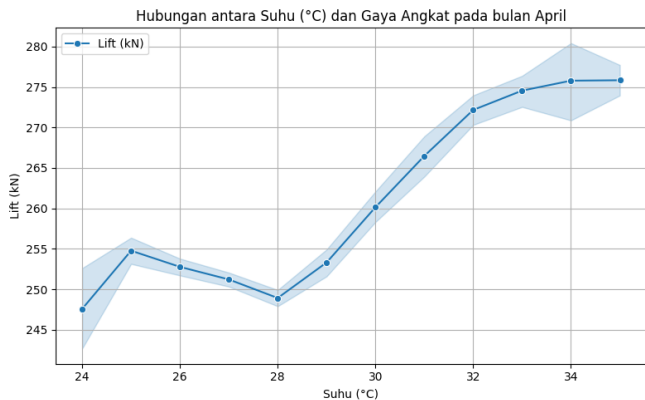
Hasil dan Pembahasan

Suhu



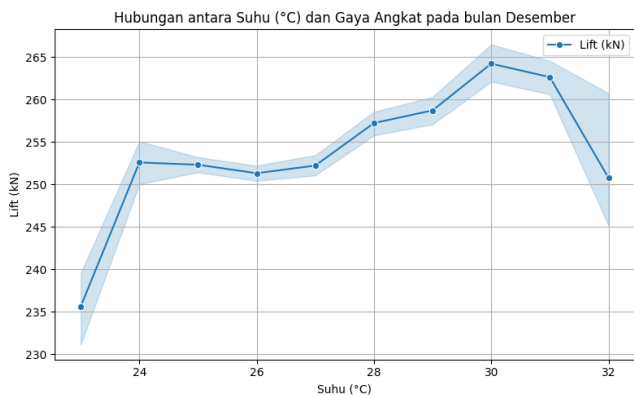
Gambar 1. korelasi Suhu dengan Lift pada tahun 2024

Korelasi antara suhu udara dengan gaya angkat pesawat menunjukkan pola positif yang konsisten sepanjang tahun. Nilai korelasi antara 0,35 hingga 0,6, dengan puncak korelasi terjadi pada bulan April sebesar 0,603 dan nilai korelasi terendah tercatat pada bulan Desember sebesar 0,366.



Gambar 2. Hubungan antara Suhu dan Gaya angkat (Lift) pada bulan April

Pada bulan April menunjukkan hubungan suhu dengan gaya angkat paling kuat terjadi pada rentang suhu 25°C hingga 35°C. Pada suhu 25°C hingga 28°C, membentuk hubungan korelasi negatif yang cukup kuat. Sebaliknya, pada suhu 28°C hingga 33°C, korelasinya berbalik menjadi positif dan juga menunjukkan hubungan yang kuat.

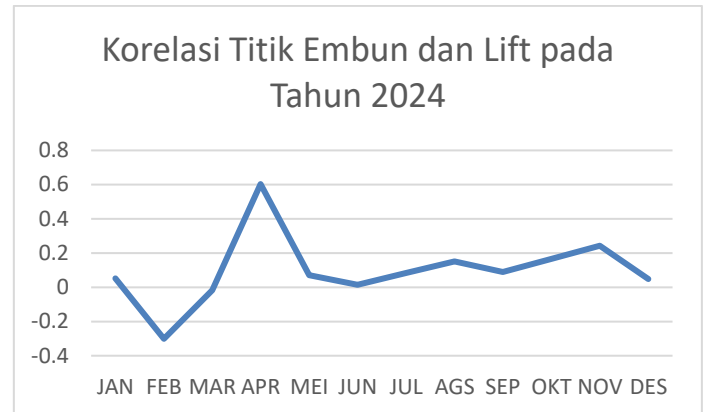


Gambar 3. Hubungan antara Suhu dan Gaya angkat (Lift) pada bulan Desember

Sementara itu, pada bulan Desember, korelasi tertinggi antara suhu udara dan gaya angkat pesawat terfokus pada rentang suhu 25°C hingga 30°C, dengan nilai korelasi positif yang kuat. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan yang konsisten di mana peningkatan suhu udara secara langsung yang berhubungan dengan peningkatan gaya angkat pesawat. Berbeda dengan pola yang teramati pada bulan April, pada bulan Desember tidak ditemukan

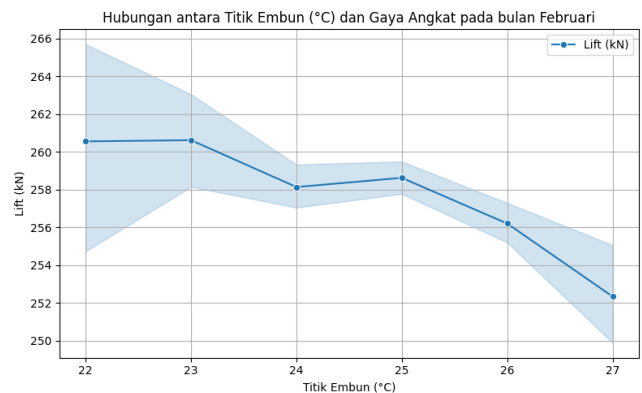
adanya korelasi negatif yang dominan dalam rentang suhu tersebut.

Titik embun



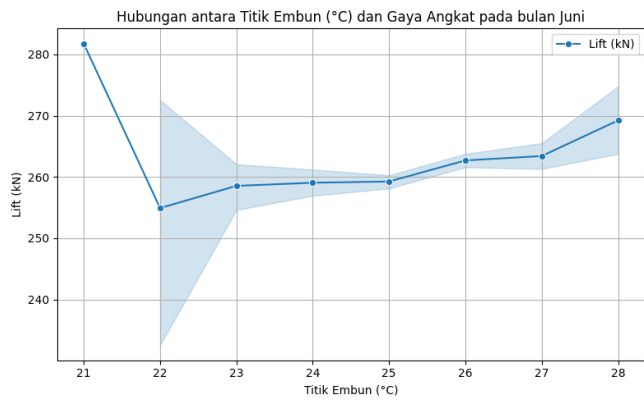
Gambar 4. Korelasi Titik Embun dan Lift pada Tahun 2024

Berdasarkan hasil yang diperoleh, hubungan antara titik embun dan gaya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu menunjukkan pola yang berubah-ubah antarbulan, dengan nilai korelasi berkisar dari -0,301 hingga 0,603. Terdapat dua bulan yang memiliki korelasi negative yang lemah yakni bulan Februari dan Maret. Dan sisanya memiliki korelasi positif yang lemah terkecuali pada bulan April.



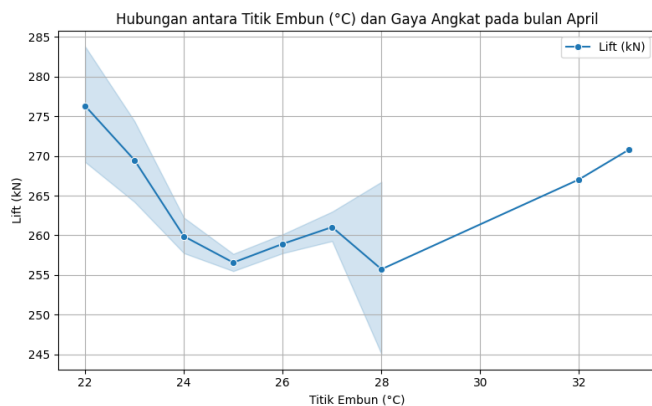
Gambar 5. Hubungan antara Titik Embun dan Gaya Angkat pada Bulan Februari

Pada bulan Februari, nilai korelasi antara titik embun dan gaya angkat tercatat sebesar -0,301. Korelasi negatif ini termasuk dalam kategori lemah hingga sedang, menunjukkan bahwa peningkatan titik embun pada bulan tersebut cenderung diikuti oleh penurunan gaya angkat, meskipun pengaruhnya tidak terlalu besar. Korelasi negatif yang lemah ini paling dominan ditemukan pada rentang suhu titik embun 27°C hingga 30°C.



Gambar 6. Hubungan antara Titik Embun dan Gaya Angkat pada Bulan Juni

Pada bulan Juni, korelasi titik embun dan gaya angkat tercatat sebagai yang paling lemah di antara bulan-bulan lainnya, dengan nilai sebesar 0,0149. Meskipun secara umum korelasi tersebut sangat lemah, pengamatan lebih rinci menunjukkan bahwa korelasi positif yang kuat hanya ditemukan pada rentang suhu titik embun 24°C hingga 26°C. Di luar rentang tersebut, khususnya pada suhu 21°C hingga 22°C, justru korelasi negatif yang kuat.



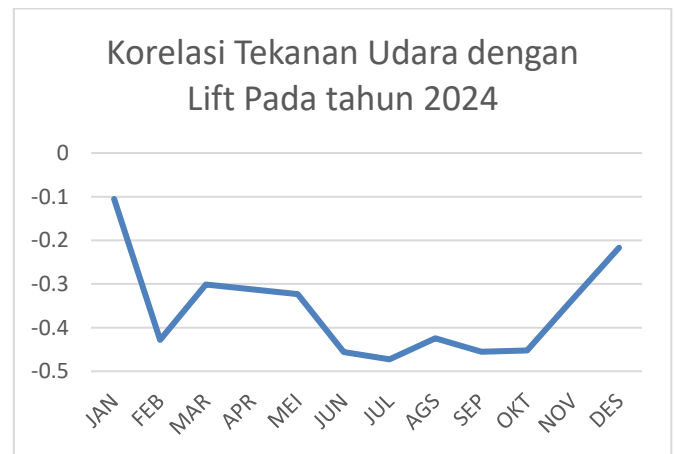
Gambar 7. Hubungan antara Titik Embun dan Gaya Angkat pada Bulan April

Selanjutnya, pada bulan April, terjadi korelasi positif yang paling kuat antara titik embun dan gaya angkat, dengan nilai korelasi mencapai 0,603. Korelasi positif yang kuat ini terutama terjadi pada rentang suhu titik embun 25°C hingga 33°C, sedangkan pada suhu titik embun yang lebih rendah, yaitu 22°C hingga 24°C, korelasinya negatif lemah.

Tekanan udara

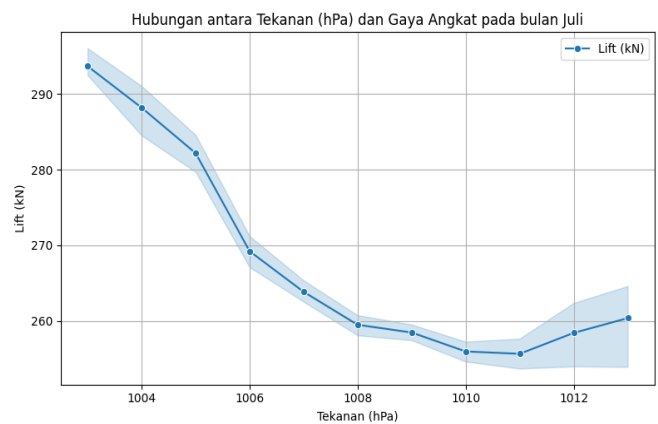
Berdasarkan grafik, hubungan antara tekanan udara dan gaya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu menunjukkan pola korelasi

negatif yang konsisten sepanjang tahun. Nilai korelasi berkisar dari -0,1 hingga -0,47, yang menandakan bahwa ketika tekanan udara meningkat, gaya angkat pesawat cenderung menurun. Pola ini menunjukkan adanya keterkaitan antara densitas udara dan kemampuan pesawat dalam menghasilkan gaya angkat. Semakin tinggi tekanan udara, udara menjadi lebih padat sehingga memengaruhi distribusi gaya aerodinamika pada sayap. Kondisi ini berimplikasi pada performa pesawat, terutama saat fase lepas landas dan pendaratan. Dengan demikian, tekanan udara menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam analisis performa penerbangan di bandara dengan kondisi atmosfer tropis seperti Kualanamu.



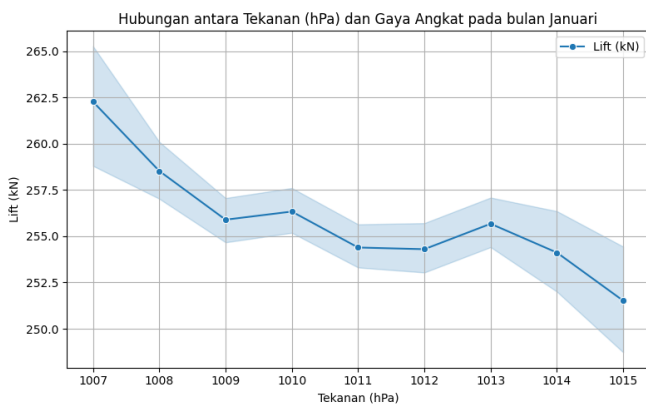
Gambar 8. Korelasi Tekanan Udara dengan Lift Pada Tahun 2024

Berdasarkan grafik, hubungan antara tekanan udara dan gaya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu menunjukkan pola korelasi negatif yang konsisten sepanjang tahun. Nilai korelasi berkisar dari -0,1 hingga -0,47.



Gambar 9. Hubungan antara Tekanan dan Gaya Angkat pada bulan Juli

Salah satu periode dengan korelasi negatif paling kuat terjadi pada bulan Juli, dengan nilai korelasi sebesar $-0,472$. Jika dianalisis lebih lanjut berdasarkan rentang tekanan udara, ditemukan bahwa korelasi negatif yang kuat terjadi khusus pada rentang tekanan 1003 mb hingga 1010 mb. Sementara itu, pada tekanan udara yang lebih tinggi, yaitu 1010 mb hingga 1012 mb, korelasi negatif yang terjadi melemah. Selain itu, pada bulan Januari, korelasi antara tekanan udara dan gaya angkat tercatat sebagai yang paling mendekati nol dibandingkan bulan lainnya, yaitu sebesar $-0,105$. Korelasi ini tergolong dalam kategori negatif yang lemah. Jika ditinjau lebih rinci, fluktuasi korelasi ini terutama terjadi pada rentang tekanan udara 1007 mb hingga 1015 mb. Pada bulan ini tidak terdapat satu pola korelasi dominan, melainkan terjadi variasi kekuatan korelasi yang berubah-ubah, meskipun tetap berada dalam arah negatif.



Gambar 10. Hubungan antara Tekanan dan Gaya Angkat pada bulan Januari

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa suhu udara merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap gaya angkat pesawat. Hal ini ditunjukkan oleh nilai korelasi suhu udara dengan gaya angkat yang relatif stabil dan positif sepanjang tahun, dengan kisaran nilai dari 0,35 hingga 0,6. Korelasi positif tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara cenderung diikuti oleh peningkatan gaya angkat pesawat. Fenomena ini mengindikasikan bahwa perubahan suhu berperan penting dalam menentukan performa aerodinamika pesawat selama proses lepas landas dan penerbangan. Pada rentang suhu $28-33^{\circ}\text{C}$, pengaruh positif suhu terhadap gaya angkat terlihat paling kuat, sebagaimana teridentifikasi pada bulan April dan Desember.

Hal ini menunjukkan bahwa kondisi atmosfer pada periode tersebut mendukung terbentuknya gaya angkat optimal. Di sisi lain, variabel tekanan udara

menunjukkan fluktuasi yang tidak terlalu signifikan terhadap perubahan gaya angkat, meskipun tetap memiliki kontribusi dalam kestabilan penerbangan. Selain itu, pengaruh komponen angin terhadap gaya angkat pesawat juga turut dianalisis untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif. Berdasarkan karakteristik operasional pesawat komersial dengan bobot dan ukuran besar, komponen angin seperti *headwind* dan *tailwind* hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap gaya angkat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa faktor suhu udara memiliki peranan dominan dibandingkan tekanan maupun arah angin dalam menentukan variasi gaya angkat pesawat sepanjang tahun.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada guru dan siswa yang telah bersedia menjadi responden. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para dosen pembimbing dan validator ahli atas arahan serta masukan yang sangat berharga. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pembelajaran fisika dan peningkatan kualitas pendidikan di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Balicki, W., Mieloszyk, M., & Zukowski, B. (2025). *Effect of the atmosphere on the performances of aviation turbine engines*.
- Coffel, E. D., & Horton, R. M. (2016). Climate change and the impact of extreme heat on aviation. *Weather, Climate, and Society*, 7(2), 94–102.
- Emor, K. C., Palilingan, R. N., & Wenas, D. R. (2021). Analisis pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat di Bandara Sam Ratulangi Manado periode 2010–2019 menggunakan metode korelasi Pearson product moment. *Jurnal Fista: Fisika dan Terapannya*, 2(1), 31–37.
- Fadholi, A. (2013). *Penelitian pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat di Bandara Sultan Babullah Ternate (1981–2008)*.
- Gratton, G., Lewis, C., & Bonsall, S. (2021). Reviewing the impacts of climate change on air transport operations. *The Aeronautical Journal*, 125(1285), 1175–1194.
- Guinn, T., & Barry, J. (2016). Quantifying the effects of humidity on density altitude calculations for professional aviation education. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 3(3).
- Mehmood, K., et al. (2023). Flight dynamic characteristics of wide-body aircraft with wind gust and turbulence. *Fluids*, 8(12), 320.

- Razzaaq, M., Lubis, L. H., & Sirait, R. (2024). Penelitian pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap gaya angkat pesawat tahun 2014–2021 di Bandara Internasional Kualanamu, Deli Serdang. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 7(2), 102–111.
- Seidel, S. D., & Yang, D. (2020). The lightness of water vapor helps to stabilize tropical climate. *Science Advances*, 6(19), eaba1951.