

STUDI PENGARUH SUHU DAN TEKANAN UDARA TERHADAP GAYA ANGKAT PESAWAT TAHUN 2014-2021 DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU DELI SERDANG

Muhammad Razzaq*, Lailatul Husna Lubis, Ratni Sirait
Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, UIN Sumatera Utara Medan
*e-mail: muhammadrazzaq@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar mampu memberikan gambaran bagaimana adanya pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat selama operasi penerbangan. Berdasarkan hasil penelitian di Bandara Internasional Kualanamu, Deli Serdang, ditemukan adanya hubungan antara suhu dengan tekanan udara, hubungan tersebut sangat signifikan berkaitan dengan adanya operasi penerbangan pada daya angkat (lift) pesawat. Data yang digunakan berasal dari BMKG selama periode 2014-2021. Dari kedua variabel, tekanan udara memiliki pengaruh paling dominan terhadap daya angkat pesawat yang memiliki sebesar 1 nilai korelasi. Selain itu, suhu udara juga mempunyai hubungan korelasi yang sangat berpengaruh terhadap daya angkat dengan nilai 0,9 pada bulan februari dan nilai 0,02 pada bulan november hal ini menunjukkan korelasi dibulan november sangat lemah dibandingkan dengan bulan februari.

Kata Kunci: Curah Hujan, Gaya Angkat, Suhu Udara, Tekanan Udara, Korelasi

STUDY ON THE EFFECT OF TEMPERATURE AND AIR PRESSURE ON AIRCRAFT LIFT IN 2014-2021 AT KUALANAMU DELI SERDANG INTERNATIONAL AIRPORT

Abstract: This study was conducted with the aim of being able to provide an overview of how temperature and air pressure affect aircraft lift during flight operations. Based on the results of research at Kualanamu International Airport, Deli Serdang, it was found that there was a relationship between temperature and air pressure, this relationship is very significant related to flight operations on aircraft lift. The data used came from BMKG during the period 2014-2021. Of the two variables, air pressure has the most dominant influence on aircraft lift which has a correlation value of 1. In addition, air temperature also has a correlation relationship that is very influential on lift with a value of 0.9 in February and a value of 0.02 in November, this shows that the correlation in november is very weak compared to february.

Keywords: Air Pressure, Air Temperature, Corellation, Lift Force

PENDAHULUAN

Bandara internasional kualanamu Deli Serdang merupakan bandara yang beroperasi sejak tahun 2013 menggantikan bandara polonia di Medan. Bandara ini terletak di wilayah Deli Serdang yang beriklim tropis dan memiliki karakteristik curah hujan yang beragam. Sebagai bandara baru diperlukan adanya sebuah kajian untuk kelancaran dalam sebuah penerbangan. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 telah mengatur tentang keselamatan penerbangan, termasuk Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP). KKOP mencakup area daratan, perairan, serta ruang udara di sekitar bandara yang digunakan untuk mendukung penyelenggaraan penerbangan dengan tujuan menjamin keselamatan penerbangan (Educenter, 2016)

(Dewi dkk., 2020) Dunia penerbangan memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi dalam operasi penerbangan baik secara teknis ataupun non teknis. Dalam hal ini salah satu yang mempengaruhi operasi penerbangan salah satunya adalah faktor meteorologi yang dimana dipengaruhi oleh suhu dan tekanan udara. Faktor meteorologi ini mempengaruhi dalam aktivitas penerbangan *Take Off* dan *Landing* (Wibowo, 2017). Performa pesawat sangat dipengaruhi oleh Densitas udara, yang berpengaruh secara langsung berdampak pada kekuatan lift. Ketika Tingkat tekanan udara yang rendah dan suhu yang tinggi, kepadatan udara menjadi berkurang (Kewas & Ali, 2020). Lepas landas *take off* dalam kondisi rapatnya udara rendah menyebabkan peningkatan panjang landasan yang diperlukan dan meningkatkan beban kerja mesin, karena pesawat harus mencapai kecepatan lebih tinggi di landasan pacu (Aziz, 2024). Kondisi ini sering terjadi pada saat proses lepas landas dan pendaratan (*landing*) (Luthfiarta dkk., 2020).

Suhu dan tekanan udara adalah faktor cuaca penting yang mempengaruhi operasi penerbangan. Kondisi suhu dan tekanan udara di sebuah bandara memiliki dampak signifikan, terutama selama fase lepas landas (*Take Off*) dan pendaratan (*landing*) (Amaluddin & Haryoko, 2019). Dengan menghitung suhu maksimum dan tekanan udara, dapat diperoleh nilai ketinggian densitas (*density height*) yang berguna bagi operator penerbangan dalam menentukan tindakan yang tepat saat take off atau landing (Donny, 2021).

Sebuah fakta menunjukkan bahwa kecelakaan pesawat sering kali disebabkan oleh gangguan cuaca, khususnya saat proses lepas landas dan pendaratan. Oleh karena itu, sangat penting bagi pilot untuk memahami dengan baik karakteristik cuaca di bandara tertentu. Hal ini menekankan perlunya layanan meteorologi yang akurat dan berkelanjutan guna mendukung keselamatan penerbangan. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menjelaskan dampak suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat selama operasi penerbangan. (Fadholi, 2015).

Suhu udara merujuk pada tingkat panas yang dihasilkan oleh aktivitas molekul di dalam atmosfer. Dalam konteks fisika, suhu menggambarkan tingkat kecepatan pergerakan molekul dalam suatu objek; semakin cepat molekul bergerak, semakin tinggi suhu yang dihasilkan (Kevin & Emor, 2021). Suhu udara memainkan peranan penting dalam kinerja pesawat terbang. Ketika tekanan udara berada pada suhu yang tinggi, hal ini dapat menyebabkan penurunan kepadatan udara, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi performa pesawat, terutama saat lepas landas (Putra dkk., t.t.) .

Tekanan udara merupakan gaya yang dihasilkan oleh berat kolom udara di atas suatu wilayah tertentu. Di alam, perubahan tekanan udara di permukaan bumi terjadi karena adanya proses mekanis dan termal (Hartanto, 2015). Tekanan udara memiliki hubungan terbalik dengan ketinggian; Bertambah meninggi sebuah tempat terhadap level laut, makin berkurang tekanan atmosfernya. Fenomena ini terjadi karena jumlah udara yang memberikan tekanan berkurang saat ketinggian meningkat. Nilai tekanan udara dapat diukur menggunakan barometer dan dinyatakan dalam satuan milibar (mb) (Dewi dkk., 2020).

Gaya atmosfer adalah sebuah elemen yang mempengaruhi dan menetapkan kepadatan atmosfer, selain temperatur atmosfer. Tinggi kepadatan (*density height*) mengacu terhadap sebuah tingkatan ketinggian di lapisan udara yang sesuai dengan norma ICAO, di mana kepadatan udara merepresentasikan keadaan pada tempat tertentu. Pengertian tentang topik ini sangat krusial bagi ciri-ciri kinerja pesawat dan mesinnya, serta panjang runway yang diperlukan untuk takeoff (Naufal, 2017). Secara umum, makin tinggi ketinggian dari level laut, makin berkurang tekanan atmosfer, disebabkan oleh kuantitas partikel dan atom yang terdapat di atasnya berkurang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tekanan udara mengalami penurunan seiring dengan peningkatan ketinggian, dan demikian juga dengan kerapatan udara.

Dalam teori aerodinamika, ada empat gaya utama yang berperan saat pesawat terbang, adalah gaya pendorong (thrust T), gaya gesek (drag D), gaya pengangkat (lift L), dan gaya

gravitasi (weight W). Saat pesawat terbang pada laju dan altitude yang stabil keempat gaya tersebut berada dalam keadaan seimbang, di mana $T = D$ dan $L = W$. Namun, saat proses lepas landas dan mendarat, terjadi perubahan kecepatan baik akselerasi maupun deselerasi yang dapat dijelaskan melalui Hukum II Newton. Hukum ini menyatakan bahwa jumlah kekuatan yang beroperasi bersama dengan berat akan menghasilkan percepatan. Pada fase ini, untuk bisa terbang, gaya angkat (L) harus melebihi gaya berat (W), sementara gaya dorong (T) juga harus lebih besar dari gaya hambat (D). Karena itu, pesawat terbang memerlukan kekuatan mesin yang cukup tinggi saat takeoff. Kegagalan pada tahap takeoff bisa disebabkan karena minimnya kekuatan dari mesin yang bisa terjadi karena berbagai faktor, termasuk kerusakan mekanis, kesalahan manusia, gangguan eksternal, atau masalah pada sistem kontrol pesawat (Miftahuddin, 2016).

Mengenai hukum Charles, yang berhubungan dengan perilaku gas ideal, dinyatakan bahwa kerapatan udara berbanding lurus dengan tekanan pada suhu konstan. Di sisi lain, pada tekanan yang tetap, kerapatan udara berbanding terbalik dengan suhu.

$$\rho = \frac{P}{T * R}$$

Dimana, ρ = Kerapatan Udara (kg/m^3), P = Tekanan Udara (Pa), T = Temperatur Absolute 287

(J. Kmol), R = Konstanta Gas (8,314472 J/kmol)

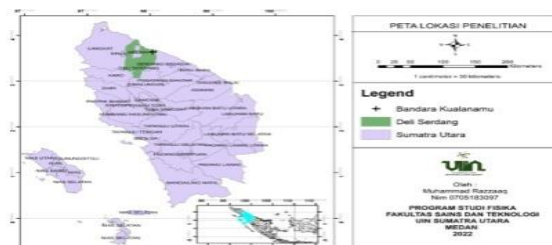
Menurut data yang diperoleh dari PT Garuda Indonesia mengenai pesawat Boeing 737-800, luas sayap pesawat ini adalah 35,78 m^2 . Kecepatan rata-rata saat lepas landas mencapai 150 knot (setara dengan 75 m/s), dan koefisien angkat (Cl) diperkirakan sekitar 0,82 m^2/det . Ketiga variabel ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

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

Dimana L = Gaya Angkat pesawat (N), ρ = Kerapatan Udara *Density Height* (kg/m^3), V^2 = Kecepatan Udara (m/sec), Cl = Koefisien Lift (sec^2/m)

METODE

Dalam penelitian ini, lokasi yang dipilih adalah Bandara Internasional Kualanamu, khususnya di Stasiun Meteorologi Kelas I Kualanamu. Koordinat lokasi ini adalah $3^{\circ}38'32''\text{LU}$ dan $98^{\circ}52'42''\text{BT}$. Bandara ini dipilih karena merupakan fasilitas bandara yang baru dibangun dan memiliki jumlah operasional bandara yang sangat aktif baik dalam penerbangan domestik ataupun luar negeri. Sehingga bandara ini memerlukan kajian mengenai cuaca dalam keselamatan penerbangan.



Gambar 1. Peta Lokasi Bandara Internasional Kualanamu.

Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode statistik, yaitu analisis korelasi linear berganda dan *pearson product moment* (Sugiyono, 2018). Data

yang dianalisis diambil dari Stasiun Meteorologi Kualanamu selama periode 2014 hingga 2021. Rumus korelasi berganda digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat. Sementara itu, metode *pearson product moment* diterapkan untuk menganalisis pengaruh tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat pesawat.

Langkah-langkah yang diterapkan dalam metode statistik ini dimulai dengan pengumpulan dan inventarisasi data mengenai tekanan dan suhu udara yang tercatat di Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang. Data yang diperoleh merupakan hasil pengamatan unsur-unsur cuaca di stasiun tersebut. Setelah itu, dilakukan perhitungan menggunakan rumus Pearson product moment.

$$r = \frac{n \cdot (\sum X \cdot Y) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Dengan menggunakan simbol $\sum X$ untuk menyatakan total variabel X dan $\sum Y$ sebagai total variabel Y, serta n yang merujuk pada jumlah data, korelasi Pearson product moment (PPM) dilambangkan dengan (r). Nilai r berkisar antara -1 hingga +1 ($-1 \leq r \leq +1$). Ketika $r = -1$, hal ini menandakan adanya korelasi negatif yang sempurna. Jika $r = 0$, berarti tidak terdapat korelasi, dan $r = 1$ menunjukkan adanya korelasi positif yang sempurna atau sangat kuat. Selanjutnya, nilai r ini akan dibandingkan dengan interpretasi nilai r yang telah ditetapkan.

Tabel 3.1 Interpretasi nilai r (Riduwan, 1997)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Lemah
0.20-0.399	Lemah
0.40-0.599	Cukup
0.60-0.799	Kuat
0.80-1.000	Sangat Kuat

Di sisi lain, perhitungan nilai korelasi linear untuk variabel ganda dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$R_{X_1 X_2} = \frac{\sqrt{(r_{X_1 Y})^2 + (r_{X_2 Y})^2 - 2r_{X_1 Y} \cdot r_{X_2 Y} \cdot r_{X_1 X_2 Y}}}{1 - (r_{X_1 X_2})^2}$$

Dengan r yang mewakili nilai korelasi, untuk menentukan sejauh mana kontribusi variabel X terhadap Y, dapat digunakan "Rumus Koefisien Penentu," yang dituliskan seperti berikut:

$$KP = r^2 \times 100\% \quad (5)$$

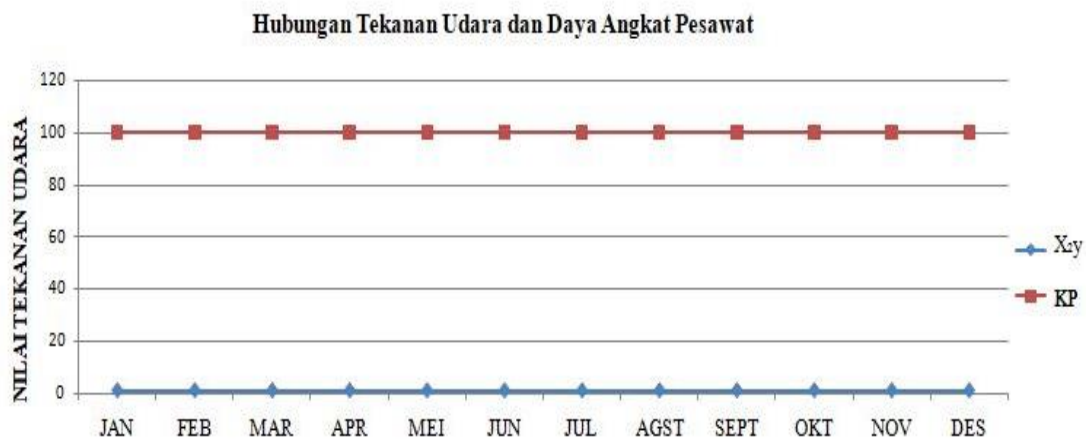
Dengan KP yang merujuk pada nilai Koefisien determinan atau koefisien penentu, dan r sebagai koefisien korelasi, penulis menggunakan program Excel untuk mempermudah pengolahan data dan memperoleh Output dari persamaan yang diterapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis data, diperoleh nilai temperatur dan tekanan atmosfer, serta koefisien korelasi antara keterkaitan temperatur dan tekanan. Dampak temperatur dan tekanan atmosfer terhadap kekuatan angkat pesawat di Bandara Kualanamu, Deli Serdang, dapat dilihat melalui tabel yang ditampilkan.

Tabel 2: Nilai hubungan pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat terbang tahun 2014-2021

Bulan	Suhu Udara (X_1)	Tekanan Udara (X_2)
Januari	0,722389271	1
Feburari	0,903055189	1
Maret	0,220139816	1
April	-0,238212436	1
Mei	0,617615392	1
Juni	-0,576202633	1
Juli	-0,339966975	1
Agustus	-0,520165357	1
September	0,178974146	1
Oktober	-0,470310286	1
November	0,025966306	1
Desember	-0,349388287	1



Gambar 2. Grafik Hubungan suhu udara terhadap daya angkat pesawat terbang tahun 2014-2021

Dari Tabel 2, terlihat dengan jelas pengaruh tekanan udara terhadap daya angkat pesawat, di mana perubahan tekanan udara secara signifikan memengaruhi performa aerodinamis pesawat. Selain itu, pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat juga dapat diamati, di mana peningkatan atau penurunan suhu udara berdampak langsung pada kerapatan udara, yang pada akhirnya memengaruhi daya angkat yang dihasilkan oleh sayap pesawat. Rincian lebih lanjut mengenai hubungan ini dijelaskan secara mendalam dalam hasil analisis yang telah dilakukan.

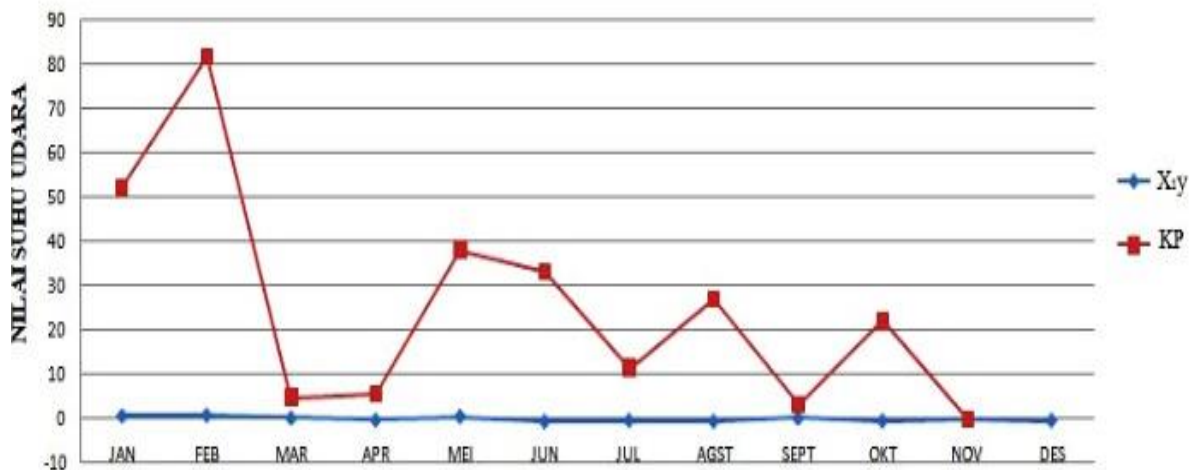
Dari data diatas pada bulan januari tahun 2014-2021 dampak temperatur atmosfer pada kekuatan angkat pesawat terbang menunjukkan hubungan yang signifikan, di mana perubahan suhu secara langsung memengaruhi kerapatan udara, yang pada akhirnya

berdampak pada performa daya angkat pesawat adalah 0,722389271, pada bulan Februari tahun 2014-2021 dampak temperatur atmosfer pada kekuatan angkat pesawat terbang adalah (0,903055189), pada bulan Maret tahun 2014-2021 pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat terbang adalah (0,220139816), pada bulan april tahun 2014-2021 pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat bernilai -0,238212436, Pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat selama bulan Mei hingga Desember tahun 2014-2021 menunjukkan variasi nilai korelasi yang signifikan. Pada bulan Mei, nilai korelasi suhu udara terhadap daya angkat pesawat tercatat sebesar 0,617615392. Sementara itu, pada bulan Juni nilai korelasi menjadi negatif, yaitu -0,576202633. Selanjutnya, pada bulan Juli dan Agustus nilai korelasi masing-masing adalah -0,339966975 dan -0,520165357. Pada bulan September, suhu udara menunjukkan korelasi positif sebesar 0,178974146 terhadap daya angkat pesawat, namun kembali negatif di bulan Oktober dengan nilai -0,470310286. Bulan November mencatat nilai korelasi yang sangat lemah, yaitu 0,025966306, dan ditutup dengan korelasi negatif pada bulan Desember sebesar -0,349388287. Variasi ini mengindikasikan adanya fluktuasi pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat di setiap bulannya.

Berdasarkan hasil pengolahan data korelasi Berganda dari tekanan udara rata rata didapat hasil, dari bulan Januari hingga Desember pada tahun 2014-2021, nilainya mencapai 1. Hal ini didapat dari hasil pengolahan data menggunakan rumus korelasi berganda pada persamaan 4 dan penentuan nilai interpretasi dapat dilihat pada tabel 1 untuk menjelaskan besarnya dampak temperatur dan desakan atmosfer terhadap kekuatan angkat wahana udara hasil korelasi gambar 2 memperlihatkan dampak tekanan udara pada kemampuan angkat pesawat.

Mengacu pada hasil pemrosesan data, suhu udara menggunakan rumus korelasi berganda didapat hasil, dibulan Februari dari tahun 2014 hingga 2021, pengaruh suhu udara terhadap kemampuan angkat pesawat terbang adalah (0,903055189) dimana pengaruh berkenaan dengan kekuatan angkat yang sangat signifikan, fakta ini diperoleh dari pengkajian penetapan faktor penentu sebesar 81%, dan pada bulan November tahun 2014-2021 bernilai 0,025966306 pengaruh pada kemampuan angkat pesawat tergolong sangat rendah, yang didasarkan pada hasil data koefisien penentu dengan nilai 7%. Koefisien penentu merupakan nilai penentu seberapa kuat pengaruh variabel x terhadap y mengenai kekuatan angkat yang sangat signifikan, pernyataan ini diperoleh dari hasil kajian penetapan faktor 3. Korelasi hasil efek suhu udara pada daya angkat pesawat dapat disaksikan pada grafik di bawah ini:

Hubungan Suhu Udara dan Daya Angkat Pesawat



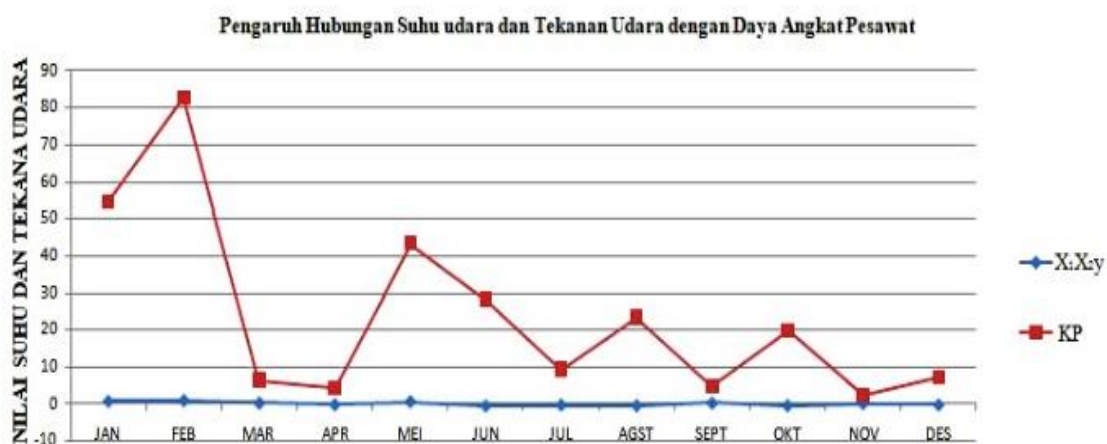
Gambar 3. Grafik Hubungan suhu udara terhadap daya angkat pesawat terbang tahun 2014-2021.

Setelah didapat hasil korelasi dari masing-masing variabel kemudian menganalisis pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap kemampuan angkat pesawat. Berdasarkan pengolahan data tersebut didapat hasil yang dapat dilihat pada 3. Setelah itu, pengaruh suhu serta tekanan udara terhadap daya angkat pesawat dapat ditentukan melalui koefisien penentu yang menyatakan bahwa melihat besar pengaruh variabel.

Tabel 2. Nilai Pengaruh Hubungan Suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat terbang tahun 2014-2021

Bulan	x_1x_2y	KoefisienPenentu (KP)
Januari	0,738643526	54,55942589
Februari	0,909607692	82,73861541
Maret	0,250746157	6,2873635
April	-0,20076164	4,03052355
Mei	0,659556605	43,50149151
Juni	-0,53026185	28,11776297
Juli	-0,30353502	9,21335089
Agustus	-0,48208681	23,24076931
September	0,217086183	4,71264108
Oktober	-0,44395496	19,70960071
November	0,152382956	2,32205652
Desember	-0,26834569	7,20094097
Rata-Rata	0,058256429	23,80287853

Dari analisis data yang dilakukan, hubungan antara suhu udara dan tekanan udara dengan daya angkat pesawat terlihat pada grafik yang disajikan dalam tabel berikut:



Gambar 4. Grafik pengaruh suhu udara dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat terbang Tahun 2014-2021.

Pada grafik di atas, simbol x_1x_2y menunjukkan efek temperatur serta tekanan udara, sedangkan simbol KP mewakili koefisien penentu. Berdasarkan data yang ada, terlihat adanya hubungan interaksi antara temperatur dan tekanan udara dalam memengaruhi daya angkat pesawat terbang. Sebagai contoh, pada bulan Januari tahun 2014-2021, derajat pengaruh temperatur dan tekanan atmosfer terhadap daya angkat pesawat terbang tercatat sebesar 0,7386. Di bulan Februari pada tahun yang sama, nilai pengaruh tersebut meningkat menjadi 0,9096. Namun, pada bulan Maret, tingkat pengaruhnya turun menjadi 0,2507. Selanjutnya, pada bulan April, efek temperatur dan tekanan atmosfer terhadap daya angkat pesawat menunjukkan nilai negatif sebesar -0,2008. Pada bulan Mei, pengaruhnya kembali positif dengan nilai 0,6596, meskipun di bulan Juni, nilai tersebut berkurang menjadi -0,5303. Di bulan Juli, efek temperatur dan tekanan atmosfer terhadap daya angkat pesawat terbang tercatat sebesar -0,3035, dan pada bulan Agustus, nilainya adalah -0,4821. Pada bulan September, terdapat peningkatan sedikit dengan nilai 0,2171, namun di bulan Oktober, pengaruhnya kembali negatif pada nilai -0,4440. Bulan November menunjukkan tingkat pengaruh yang lebih baik, yaitu 0,1524, tetapi kembali turun menjadi -0,2683 di bulan Desember. Semua hasil korelasi ini dihasilkan dari perhitungan yang dilakukan pada persamaan 2.13. Secara keseluruhan, rata-rata efek temperatur dan tekanan atmosfer terhadap daya angkat pesawat terbang dari tahun 2014 hingga 2021 adalah 0,0583.

Hasil Penggunaan teknik *Pearson Product Moment* untuk analisis data menunjukkan bahwa tekanan udara memiliki nilai 1. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel 3.1, terdapat hubungan yang sangat kuat antara tekanan dan kemampuan angkat pesawat. Dari perspektif fisika, tekanan memiliki hubungan langsung dengan kerapatan udara pada suhu yang konstan, sedangkan pada tekanan tetap, kerapatan udara berbanding terbalik dengan suhu.

Dalam konteks ini, peningkatan nilai kerapatan udara akan menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Saat pesawat lepas landas, hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan di atas sayap akan lebih rendah dibandingkan dengan tekanan di bawah sayap. Akibatnya, sayap akan mengalami gaya angkat (Wiratama, 2016). Kerapatan udara berperan penting dalam proses ini. Sebagaimana ditunjukkan pada lampiran 3, selama bulan Januari antara tahun 2014 hingga 2021, kerapatan udara yang tinggi mencapai 29,29765 menghasilkan tekanan udara sebesar 1.011,30. Hubungan antara suhu udara dan daya angkat pesawat terbang menunjukkan tingkat yang sangat kuat pada bulan Februari. Sementara itu, pengaruh suhu udara yang cukup signifikan juga teramati pada bulan Januari dan Mei. Hasil analisis menunjukkan bahwa selama periode 2014-2021, hubungan antara suhu udara dan daya angkat pesawat mencapai nilai 0,9031 pada bulan Februari, Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1, terdapat korelasi yang signifikan. Pada bulan-bulan lain, hubungan antara suhu dan daya angkat pesawat menunjukkan variasi, berkisar dari cukup kuat hingga sangat lemah. Terutama pada bulan Februari, pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat berada pada tingkat yang sangat tinggi. Korelasi yang kuat ini mengindikasikan bahwa suhu udara memiliki peran penting dalam memengaruhi daya angkat pesawat. Melalui Tabel 4.1 dan Gambar 4.2, terlihat bahwa pengaruh suhu terhadap daya angkat bervariasi, mulai dari sangat kuat hingga sangat lemah. Dalam rentang waktu Januari hingga Desember, pengaruh suhu terhadap daya angkat berkisar dari 0,0259 pada bulan November, yang merupakan nilai terendah, hingga 0,9031 pada bulan Februari, yang merupakan nilai tertinggi. Perubahan ini terjadi karena bulan November berada dalam periode curah hujan musiman, di mana perbedaan antara musim hujan dan kemarau sangat mencolok. Lebih lanjut, perbandingan antara nilai yang tinggi pada bulan Januari dan nilai yang sangat rendah pada bulan November juga dipengaruhi oleh distribusi suhu di atmosfer, yang sangat terkait dengan radiasi matahari. Dengan demikian, suhu udara

mengalami perubahan yang konstan, dan pengaruhnya terhadap daya angkat pesawat selalu fluktuatif akibat perubahan iklim dan kondisi cuaca.

Kombinasi dari kedua faktor, yaitu suhu dan tekanan udara, memberikan dampak yang signifikan terhadap daya angkat pesawat dengan nilai mencapai 99%. Meskipun analisis terpisah menunjukkan bahwa pengaruh suhu dan tekanan udara memiliki nilai yang berbeda-beda, ketika kedua faktor ini dianalisis secara bersamaan, hasil yang diperoleh menunjukkan kekuatan yang sangat tinggi. Dengan kata lain, semakin besar pengaruh yang diberikan oleh kedua unsur ini, semakin tinggi pula nilai koefisien penentunya, yang mencapai 99,99% (Fadholi, 2015).

Dalam persamaan Bernoulli, Pada airfoil tekanan yang terdapat di bagian atas lebih rendah daripada tekanan di bagian bawah udara di sekitarnya, yang mengakibatkan terbentuknya tekanan negatif. Sebaliknya, di bagian bawah airfoil, bentuk sudut pada bagian tersebut menyebabkan kecepatan aliran menjadi lebih lambat, sehingga menghasilkan tekanan yang lebih tinggi atau tekanan positif. Gradien tekanan yang terbentuk di bagian bawah ini memainkan peran penting dalam mengangkat bilah sudu dan mendorongnya ke atas. Selain itu, hambatan (drag) dapat terjadi karena gesekan viskos, yang merupakan hambatan akibat gesekan antara aliran udara dengan permukaan airfoil. Hambatan ini dapat disebabkan oleh tekanan (aliran normal terhadap permukaan), efek gravitasi, atau kompresibilitas aliran. Pengaruh ini juga berkaitan dengan energi kinetik angin yang berfungsi sebagai faktor resistensi. Dimana energi berpengaruh terhadap pergerakan benda (Naufal, 2017). Dikarenakan dalam energi kinetik memiliki pengaruh terhadap inilah faktor yang memungkinkan pesawat untuk terbang pada ketinggian yang tinggi.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu terhadap daya angkat pesawat terbang dari tahun 2014 hingga 2021 menunjukkan kekuatan yang sangat signifikan, terutama pada bulan Februari dengan nilai mencapai 0,9. Sebaliknya, pada bulan November, pengaruh suhu hanya tercatat sebesar 0,02, yang mencerminkan pengaruh yang sangat lemah. Di sisi lain, pengaruh tekanan udara terhadap daya angkat pesawat selama periode yang sama menunjukkan korelasi sempurna dengan nilai 1. Dengan demikian, variabel yang paling berpengaruh terhadap daya angkat pesawat adalah tekanan udara, yang memiliki interpretasi nilai 1,00, menandakan adanya korelasi yang sangat kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaluddin, F., & Haryoko, A. (2019). Analisa Sensor Suhu dan Tekanan Udara terhadap Ketinggian Air Laut Berbasis Mikrokontroler. *ANTIVIRUS: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 13(2), 98–104.
- Aziz, R. (2024). Analisis Airfoil 2412 dan Streamline Sayap pada Pesawat terbang Cessna 172. 2(1), 1–36.
- Dewi, A. Y., Effendi, A., & Saputra, Y. (2020). Studi Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Udara terhadap Rugi Daya Korona SUTT 150 kV. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 47–53.

- Donny, R. (2021). *Analisis Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Daya Angkat Pesawat di Bandara SAM Ratulangi Manado Periode 2010=1019 Menggunakan Metode Korelasi Pearson Product Moment*. 2(1), 31–37.
- Educenter, T. i. (2016). *Buku Superlengkap UUD 1945 & Amandemen*. IlmuCemerlang Group.
- Fadholi, A. (2015). Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Operasi di Bandara H.A.S. Hananjoeddin Belitung Periode 1980—2010. *Jurnal Statistik*, 1–10.
- Hartanto, T. (2015). *Analisa Aerodinamika Flap Dan Slat Pada Airfoil Naca 2410 Terhadap Koefisien Lift Dan Koefisien Drag Dengan Metode Computational Fluid Dynamic*. eprints.ums.ac.id: <http://eprints.ums.ac.id/39203/1/02%20NASKAH%20PUBLIKASI%20KARYA%20>
- Kevin, C., & Emor, R. N. (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*, 31–37.
- Kewas, J. C., & Ali, M. (2020). Analisis Gaya Angkat Akibat Perubahan Kecepatan Aliran Udara dan Sudut Serang pada Airfoil Naca 0015 dalam Wind Tunnel Sub Sonic. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 71–79.
- Luthfiarta, A., Febriyanto, A., & Wicaksono, W. (2020). Analisa Prakiraan Cuaca dengan Parameter Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Kecepatan Angin Menggunakan Regresi Linear Berganda. *Journal of Infrormation System*, 5(1), 10–17.
- Miftahuddin. (2016). Analisis Unsur-unsur Cuaca dan Iklim Melalui Uji. *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi*, 26–38.
- Naufal, M. (2017). Statistik Berbasis Komputer untuk orang-orang Non Statistik. *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi*, 12–30.
- Putra, O. A., Andrianof, H., & Gusman, A. P. (t.t.). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Ketinggian Tanah, Tekanan Udara, dan Suhu serta Monitoring Kesehatan pada Pendaki dalam Pendakian Gunung dengan Notifikasi Telegram Berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 2(2), 2023.
- Sugiyono, S. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Alfabeta.
- Wibowo, H. (2017). Pengaruh sudut Serang Aerofoil terhadap Distribusi Tekanan dan Gaya Angkat. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 2(2), 148–152.
- Wiratama, C. (2016). *Lift dan Drag Sayap Pesawat Terbang*.