

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.EPA.17

# STUDI PENGARUH SUHU DAN TEKANAN UDARA TERHADAP OPERASI PENERBANGAN DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU

IJA Saragih<sup>1, a)</sup>, BW Yonas<sup>2</sup>, dan N Rinaldy<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)  
Jl. Perhubungan I No. 5, Komplek Meteo DEPHUB, Pondok Betung, Tangerang Selatan - 15221*

Email: <sup>a)</sup>immanuel.saragih@bmgk.go.id

## Abstrak

Bandara Internasional Kualanamu, yang beroperasi sejak tahun 2013, merupakan bandara baru yang melayani penerbangan komersial yang menggantikan Bandara Polonia. Sebagai bandara baru, Bandara Internasional Kualanamu memerlukan kajian pengaruh unsur cuaca terhadap kelancaran operasi penerbangan, diantaranya unsur suhu dan tekanan udara permukaan (QFE). Penelitian menggunakan metode regresi linear berganda untuk menentukan korelasi antara suhu dan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat (*lift*). Selain itu, penelitian melakukan perhitungan nilai ketinggian kerapatan udara (*density height*) menggunakan nilai suhu dan tekanan udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan tekanan udara secara bersama-sama berpengaruh sangat kuat terhadap *lift* di setiap bulan sepanjang tahun. Penurunan nilai suhu dan/atau kenaikan nilai tekanan udara berbanding lurus dengan kenaikan nilai *lift*. Suhu udara mempunyai pengaruh terkuat pada bulan April (92,93%) dan terlemah pada bulan Maret (84,82%). Tekanan udara mempunyai pengaruh terkuat pada bulan September (24,80%) dan terlemah pada bulan Februari (8,76%). Hasil perhitungan menggunakan rumus *density height* menunjukkan bahwa pada tahun 2015 nilai *density height* tertinggi terjadi pada bulan Juni (1756,34ft) dan terendah pada bulan Januari (1469,11ft). Sedangkan pada tahun 2016, nilai *density height* tertinggi terjadi pada bulan Maret (1806,32ft) dan terendah pada bulan Februari (1513,23ft).

**Kata-kata kunci:** suhu udara, tekanan udara, *lift*, *density height*.

## Abstract

Kualanamu International Airport (KNIA), operated since 2013, is a new airport, which supports the commercial aviation to replace the Polonia Airport. As the new airport, it is necessary to study the effect of weather on the smooth operation of flights on the Kuala Namu Airport, among others, is the element of surface temperature and air pressure (QFE). Using multiple linear regression, it can be determined the correlation of temperature and air pressure to the airplane lift force (*lift*). Temperature and air pressure are also used in the calculation of the height of the air density (*density height*). The result showed that the temperature and air pressure together have a very strong effect on the lift in every month throughout the year. The decrease in air temperature and or increase of air pressure is directly proportional to the rise of lift. The air temperature has the strongest effect in April (92.93%) and the weakest in March (84.82%). The air pressure has the strongest effect in September (24.80%) and the weakest in February (08.76%). The result of the calculation using the formula density height found that in 2015 the highest density height in June (1756.34ft) and the lowest in January (1469.11 feet). While in 2016, the density height has the highest value in March (1806.32ft and the lowest in February (1513.23ft).

**Keywords:** air temperature, air pressure, lift, density height

## PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara berkembang yang terdiri dari wilayah kepulauan yang luas dan populasi lebih dari 258 juta jiwa pada tahun 2016. Untuk mendukung proses perekonomian di Indonesia, salah satu faktor penting yang dibutuhkan adalah media transportasi yang memadai. Sebagai negara kepulauan, media transportasi udara adalah alternatif terbaik untuk mendukung mobilisasi penduduk Indonesia secara efektif dan efisien, meskipun biayanya relatif sedikit lebih mahal dari media transportasi darat dan laut. Untuk perbandingan, misalnya total waktu perjalanan dari Medan ke Jakarta bila ditempuh menggunakan media transportasi darat (mobil) membutuhkan waktu sekitar 72 jam, bila menggunakan media transportasi laut (kapal laut) membutuhkan waktu sekitar 48 jam, sedangkan bila menggunakan media transportasi udara (pesawat terbang) membutuhkan waktu sekitar 2,5 jam. Hal inilah yang menyebabkan pesawat udara menjadi media transportasi yang paling sering dipilih penumpang, selain waktu tempuhnya yang lebih cepat, pesawat juga dianggap lebih nyaman.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam operasi media transportasi udara yang menyangkut keselamatan penerbangan. Operasional penerbangan memperhatikan keselamatan secara keseluruhan termasuk efisiensi, efektivitas dan juga kenyamanan penerbangan. Namun pada kenyataannya hal tersebut mendapat hambatan dari berbagai faktor, baik secara teknis dan non-teknis, salah satunya adalah faktor meteorologi. Gangguan meteorologi dapat dipahami sebagai gangguan yang dipengaruhi oleh aktivitas atau perubahan keadaan unsur-unsur cuaca. Dalam operasional penerbangan, pola suhu udara dan tekanan udara adalah salah satu unsur penting yang diamati dalam meteorologi untuk mendukung keselamatan penerbangan. Unsur tekanan dan suhu udara berbeda (bervariasi) untuk setiap tempat. Selain itu, nilai tekanan dan suhu udara di suatu tempat juga selalu berubah bersamaan dengan perubahan waktu (Handoko, 2003). Unsur tekanan dan suhu udara menjadi perhatian khusus bagi keselamatan penerbangan khususnya pada fase saat pesawat akan mengudara (take off) dan pada fase saat akan mendarat (landing). Hal ini karena kedua unsur meteorologi tersebut memengaruhi daya angkat pesawatnya. Dengan pengertian, pada udara yang menghasilkan daya angkat pesawat yang rendah, dengan berat pesawat yang sama pada saat take off, akan dibutuhkan jarak take off yang relatif lebih panjang dan kecepatan pesawat yang lebih tinggi.

Selain itu, fase take off dan landing merupakan fase yang rentan terhadap kejadian kecelakaan penerbangan yang salah satunya dapat disebabkan oleh faktor gangguan cuaca, termasuk unsur tekanan dan suhu udara di sekitar runway. Gangguan cuaca adalah faktor alamiah yang tidak dapat dielakkan. Karena itu sangat dibutuhkan pelayanan informasi meteorologi yang akurat dan berkesinambungan di suatu bandara. Selanjutnya, informasi meteorologi ini harus disampaikan kepada penerbang dan pihak-pihak yang bekerja berkaitan langsung dengan operasional penerbangan agar mengetahui karakteristik dan keadaan cuaca sesungguhnya yang terjadi di bandara tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memberikan gambaran pengaruh dari unsur tekanan dan suhu udara terhadap keselamatan operasi penerbangan di Bandara Kualanamu, khususnya terkait dengan daya angkat pesawat dan density height. Sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional penerbangan di Bandara Internasional Kualanamu.

## DASAR TEORI

Suhu dan tekanan udara adalah beberapa unsur pengamatan meteorologi permukaan. Dalam operasional pengamatan meteorologi, suhu udara diukur dengan menggunakan alat termometer air raksa. Nilai distribusi suhu di permukaan selalu mengalami perubahan (bervariasi) tergantung pada intensitas radiasi matahari. Suhu udara permukaan dalam meteorologi dipahami sebagai suhu udara pada ketinggian 1,25m sampai dengan 2m dari permukaan tanah. Nilai suhu udara berbanding terbalik dengan nilai kerapatan udaranya [7]. Suhu udara yang menurun terhadap ketinggian (level) pada lapisan troposfer sejalan dengan variasi nilai kerapatan udaranya. Nilai suhu udara yang tinggi akan diikuti dengan nilai kerapatan udara yang rendah [9]. Penerbang yang mengetahui nilai suhu

udara di suatu tempat dan keadaan dapat menentukan efisiensi penggunaan mesin pesawat dan peluang terjadinya pengendapan es (*icing*) yang dapat mengganggu kinerja pesawat. Tekanan udara adalah unsur cuaca yang diamati dengan menggunakan barometer. Tekanan udara, bersama-sama dengan suhu udara, juga menentukan nilai kerapatan udara. Ketinggian kerapatan udara (*density height*) dipahami sebagai nilai ketinggian dalam atmosfer standar ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Pemahaman ini diperlukan untuk menentukan karakteristik daya kinerja mesin pesawat terbang serta panjang landasan (*runway*) yang diperlukan untuk kebutuhan operasional penerbangan [7].

Tekanan udara bersama-sama dengan suhu udara menentukan nilai kerapatan udara yang selanjutnya menentukan kemampuan daya angkat pesawat terbang. Nilai kerapatan udara yang rendah berarti mesin pesawat menghisap lebih sedikit udara yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran yang mengakibatkan tenaga akan berkurang, mesin propellers memperoleh lebih sedikit udara yang berpindah dibandingkan dengan kondisi normalnya, yang berakibat pada daya dorong pesawat akan berkurang dan pada mesin jet massa gas yang keluar akan lebih sedikit. Pengurangan daya dorong dan daya angkat pesawat ini mengindikasikan pesawat tersebut memerlukan runway yang lebih panjang untuk melakukan take off dan juga diperlukan daerah bebas hambatan di akhir run. Sebaliknya, apabila kerapatan udaranya besar maka daya dorong akan lebih besar dari nilai normalnya karena jumlah molekul di udara yang lebih banyak yang berakibat pada interaksi mesin propellers dan jet pesawat. Selanjutnya, gaya angkat pesawat oleh udara akan meningkat karena lebih banyaknya udara yang mendorong sayap pesawat tersebut. Hal ini akan berdampak pada kecepatan dan laju naik pesawat akan lebih cepat karena peningkatan daya angkat dan daya dorong pesawat [8].

Menurut prinsip fisika, pada saat pesawat mengudara terdapat 4 gaya utama yang bekerja pada pesawat, yaitu gaya dorong (*thrust-T*), gaya hambat (*drag-D*), gaya angkat (*lift-L*), dan gaya berat (*weight-W*). Saat pesawat sedang menjelajah (*cruise*) pada kecepatan dan ketinggian (*height*) konstan, keempat gaya tersebut berada dalam keadaan kesetimbangan ( $T=D$  dan  $L=W$ ). Sedangkan saat pesawat pada fase take off dan landing akan terjadi akselerasi (peningkatan) dan deselerasi (penurunan) sesuai dengan Hukum II Newton, yaitu total gaya yang bekerja bernilai sama dengan massa benda dikalikan dengan percepatan. Pesawat akan mengalami akselerasi dalam arah horizontal dan vertikal pada saat take off ( $L>W$  dan  $T>D$ ) sehingga diperlukan daya mesin yang besar pada fase ini. Kekurangan daya mesin pesawat dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan pesawat melakukan take off. (Soejarwo, 2006). Sedangkan bila ditinjau dari Hukum Gas Charles (*Charles Law*) terkait fluida gas menyatakan bahwa nilai kerapatan udara akan berbanding lurus dengan nilai tekanan udara pada keadaan nilai suhu udara konstan, dan nilai kerapatan udara akan berbanding terbalik dengan nilai suhu udara pada keadaan nilai tekanan udara yang konstan (Soejarwo, 2006). Persamaan Hukum Gas Charles ini secara matematis dituliskan sebagai berikut.

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

Dengan  $\rho$  adalah nilai kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ ),  $P$  adalah nilai tekanan udara statis (hPa),  $T$  adalah nilai suhu udara absolut ( $287\text{J/K.mol}$ ), dan  $R$  adalah konstanta gas. Tekanan statis (*static pressure*) dipahami sebagai tekanan udara di sekitar kita dalam udara terbuka dan dalam kondisi diam. Tekanan statis ini bekerja dengan besar yang sama ke segala arah. Ketinggian standar Mean Sea Level disepakati pada nilai 2116psf (1013,25mb). Sedangkan tekanan dinamis (*dynamic pressure*), yang disimbolkan dengan  $q$ , adalah tekanan udara yang ditimbulkan oleh pergerakan bendanya (Soejarwo, 2006). Nilai tekanan dinamis dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

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

Dimana  $\rho$  merupakan nilai kerapatan udara dan  $V$  adalah nilai kecepatan (*velocity*). Sebagai gaya aerodinamika, gaya angkat pesawat dapat dinyatakan sebagai produk dari tiga faktor utama yaitu luas permukaan suatu objek, tekanan dinamis aliran udara, dan koefisien dari gaya yang ditentukan oleh distribusi tekanan relatif.

Data pesawat B-737-400 yang diperoleh dari PT. Merpati Nusantara, dengan luas sayap pesawat sekitar  $31,68\text{m}^2$ , kecepatan rata-rata pesawat pada fase take off ( $V$ ) sekitar 150kt ( $75\text{m/s}$ ) dan

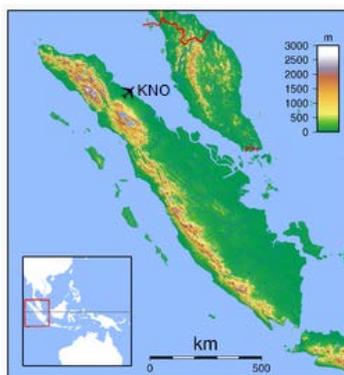
koefisien lift ( $C_l$ ) sekitar  $0,6s^2/m$ . Hubungan antara ketiga variabel tersebut dinyatakan dalam persamaan matematis sebagai berikut.

$$L = \frac{1}{2}(\rho * V^2 * C_l * S) \quad (3)$$

Dengan keterangan bahwa  $L$  adalah nilai gaya angkat pesawat (lift, lbs),  $\rho$  adalah nilai kerapatan udara (density,  $kg/m^3$ ),  $V$  adalah nilai kecepatan udara (velocity, m/s),  $C_l$  adalah nilai koefisien lift ( $s^2/m$ ), dan  $S$  adalah nilai luas permukaan sayap pesawat ( $m^2$ ). Penggunaan nilai koefisien gaya aerodinamika, contohnya koefisien gaya angkat pesawat, sangat diperlukan dalam perhitungan karena merupakan indeks gaya aerodinamika yang independen terhadap luas sayap pesawat, kerapatan udara, dan kecepatan udara. Nilai koefisien gaya aerodinamika hanya dipengaruhi oleh bentuk permukaan dan sudut angkat sayap pesawat karena kedua faktor ini memengaruhi nilai distribusi tekanan udaranya dan memungkinkan pengujian terhadap pengaruh kompresibilitas dan viskositas udara.

### DATA DAN METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Bandara Internasional Kualanamu (IATA: KNO, ICAO: WIMM) yang terletak pada koordinat  $3^{\circ}38'32''LU$   $98^{\circ}52'42''BT$  dan ketinggian 25mdpl. Bandara Internasional Kualanamu dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan bandara yang baru beroperasi di wilayah Sumatera Utara dan memiliki frekuensi penerbangan yang banyak sehingga diperlukan suatu kajian terkait karakteristik cuaca di bandara ini, termasuk kajian terhadap unsur tekanan dan suhu udara yang memengaruhi daya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data pengamatan suhu dan tekanan udara permukaan yang terdapat dalam F-Klim 71 dari Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang selama 2 tahun (Januari 2015 sampai dengan Desember 2016).



**GAMBAR 1.** Peta lokasi Bandara Internasional Kualanamu  
(Sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar\\_Udara\\_Internasional\\_Kualanamu](https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar_Udara_Internasional_Kualanamu))

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan rumus statistika yaitu regresi linear berganda dan metode korelasi *Pearson's Product Moment* [4]Sa. Syarat-syarat untuk menggunakan statistik parameterik adalah kedua variabel penelitian menggunakan data interval atau rasio, data berdistribusi normal, jumlah data (sampel) lebih dari 30 data [6]. Data yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat-syarat tersebut sehingga cara ini adalah teknik analisis yang tepat dan paling stabil dengan tingkat kesalahan paling kecil. Rumus regresi linier berganda dapat digunakan untuk memprakirakan secara statistik keadaan suhu dan tekanan udara di waktu yang akan datang. Metode korelasi *Pearson's Product Moment* digunakan untuk mendapatkan pengaruh antara tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat pesawat.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam metode statistika ini adalah dengan cara mengumpulkan dan menginventarisir data tekanan dan suhu udara yang ada dan tercatat pada F-Klim 71 dari Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang. F-Klim 71 merupakan formulir data klimatologi bulanan dari

hasil pengamatan unsur-unsur cuaca di stasiun pengamatan cuaca. Selanjutnya dilakukan perhitungan statistik menggunakan rumus *Pearson's Product Moment*:

$$r = \frac{n * (\sum X * Y) - (\sum X) * (\sum Y)}{\sqrt{\{n * \sum X^2 - (\sum X)^2\} * \{n * \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (4)$$

Dimana nilai  $\sum X$  adalah total jumlah variabel X,  $\sum Y$  adalah total jumlah variabel Y, n adalah banyaknya pasangan data X dan Y, sedangkan r adalah nilai koefisien korelasi Pearson (*Pearson Product Moment Correlation*) dengan ketentuan nilai r akan selalu berada di dalam range  $-1 \leq r \leq 1$ . Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Dimana bila nilai  $r = -1$  berarti memiliki korelasi linear (*slope*) negatif sempurna,  $r = 0$  berarti tidak memiliki korelasi linear, dan  $r = 1$  berarti memiliki korelasi linear (*slope*) positif sempurna. Untuk lebih rinci, rentang nilai r dan sifat korelasinya adalah sebagai berikut.

**TABEL 1.** Rentang nilai r dan sifat korelasi Pearson (Sarwono, 2006)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
$\leq 0,20$	Dapat dianggap tidak ada
0,20 – 0,40	Ada tetapi rendah
>0,40 – 0,70	Cukup
>0,70 – 0,90	Tinggi
>0,90 – 1,00	Sangat tinggi

Sedangkan nilai korelasi linear variabel berganda dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$R_{X_1 X_2 Y} = \sqrt{\frac{(r_{X_1 Y})^2 + (r_{X_2 Y})^2 - 2 * (r_{X_1 Y}) * (r_{X_2 Y}) * (r_{X_1 X_2})}{1 - (r_{X_1 X_2})^2}} \quad (5)$$

Dimana r adalah nilai koefisien korelasi. Dalam penelitian ini, variabel Y adalah nilai kerapatan udara, variabel  $X_1$  adalah tekanan udara, dan variabel  $X_2$  adalah suhu udara dimana Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas. Sedangkan untuk menentukan besar kecilnya nilai sumbanga pengaruh variabel  $X_1$  dan  $X_2$  terhadap Y dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Koefisien Penentu (KP) sebagai berikut.

$$KP = r^2 * 100\% \quad (6)$$

Dalam penelitian ini penulis juga melakukan perhitungan density height yang melibatkan data rata-rata suhu dan tekanan udara bulanan yang terdapat dalam F-Klim 71 Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang. Dalam perhitungan density height ini harus memerhatikan batasan-batasan standar baku yang telah ditetapkan secara internasional yaitu suhu atmosfer standar ICAO pada MSL adalah sebesar  $15^\circ C$ , penurunan suhu terhadap ketinggian pada atmosfer standar ICAO adalah senilai  $1.98^\circ C / 1000ft$ , harga rata-rata dari density height adalah 120ft di atas pressure height untuk selisih suhu sebesar  $1^\circ C$  antara suhu sebenarnya dengan suhu pada atmosfer standar ICAO. Secara matematis, persamaan perhitungan density height adalah sebagai berikut.

$$DensityHeight = h' + (T - Th') * 120 ft \quad (7)$$

Dimana:

$$h' = (1013,25 - P) * 28 ft \quad (8)$$

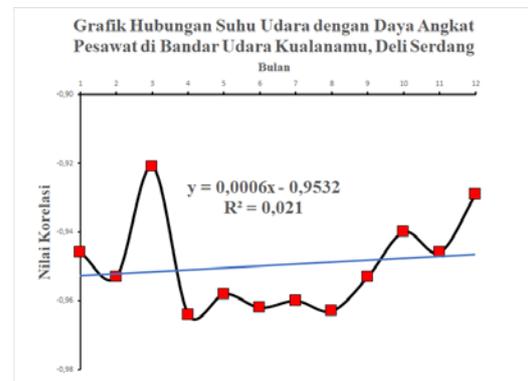
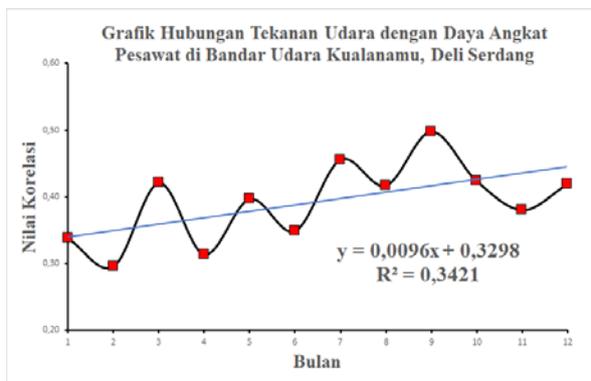
$$Th' = 15^\circ C - \left( \frac{1,98^\circ C}{1000 ft} * h' \right) \quad (9)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data menggunakan metode yang telah dijelaskan diatas menghasilkan nilai pengaruh antara tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat pesawat (*lift*) di Bandara Internasional Kualanamu seperti yang diperlihatkan dalam tabel dan grafik berikut ini.

**TABEL 2.** Nilai pengaruh tekanan udara terhadap daya angkat (*lift*) pesawat dan suhu udara terhadap daya angkat (*lift*) pesawat di Bandara Internasional Kualanamu

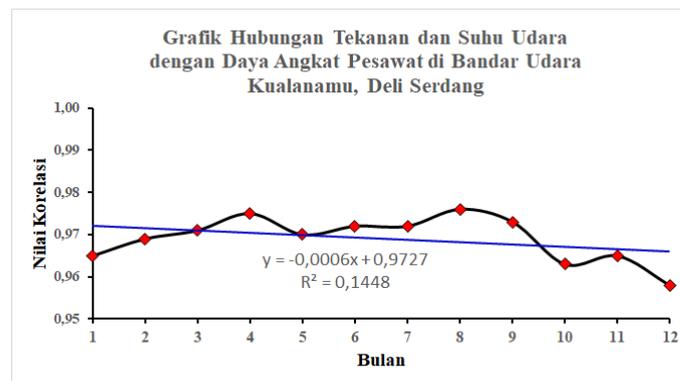
Bulan	Nilai Korelasi Tekanan Udara-Lift	Koefisien Penentu	Nilai Korelasi Tekanan Udara-Lift	Koefisien Penentu
Januari	0.338	11.424	-0.946	89.492
Februari	0.296	8.762	-0.953	90.821
Maret	0.421	17.724	-0.921	84.824
April	0.314	9.860	-0.964	92.930
Mei	0.397	15.761	-0.958	91.776
Juni	0.349	12.180	-0.962	92.544
Juli	0.456	20.794	-0.960	92.160
Agustus	0.417	17.389	-0.963	92.737
September	0.498	24.800	-0.953	90.821
Oktober	0.424	17.978	-0.940	88.360
November	0.380	14.440	-0.946	89.492
Desember	0.419	17.556	-0.929	86.304



(a)

(b)

**GAMBAR 2.** Grafik hubungan tekanan udara dengan daya angkat (*lift*) pesawat (a) dan suhu udara dengan daya angkat (*lift*) pesawat (b) di Bandara Internasional Kualanamu



**GAMBAR 3.** Grafik hubungan tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat (*lift*) pesawat di Bandara Internasional Kualanamu

**TABEL 3.** Pengaruh tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat (*lift*) pesawat di Bandara Internasional Kualanamu

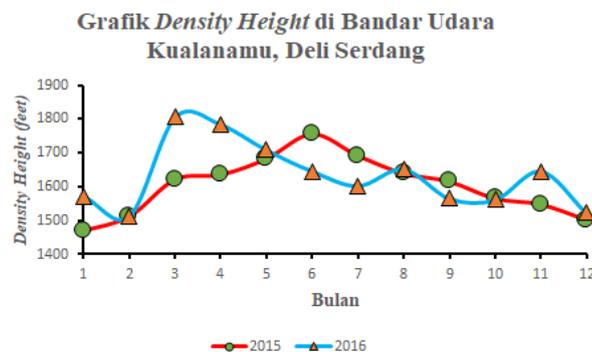
Bulan	Nilai Korelasi	Koefisien Penentu
Januari	0.965	0.931
Februari	0.969	0.938
Maret	0.971	0.943
April	0.975	0.950
Mei	0.970	0.940

Juni	0.972	0.945
Juli	0.972	0.945
Agustus	0.976	0.952
September	0.973	0.946
Oktober	0.963	0.928
November	0.965	0.931
Desember	0.958	0.917

TABEL 2 dan GAMBAR 2 (a) menunjukkan pengaruh tekanan udara terhadap daya angkat pesawat di Bandara Kualanamu adalah korelasi positif pada tingkat cukup tinggi terjadi pada bulan Maret, Juli, Agustus, September, Oktober dan Desember. Hasil korelasi tersebut mempunyai makna bahwa hubungan tekanan udara terhadap daya angkat pesawat mempunyai hubungan yang cukup kuat dengan nilai positif artinya hubungan tersebut bersifat berbanding lurus yaitu bila tekanan udara menurun maka daya angkat pesawat juga akan menurun, dan begitu pula sebaliknya. Nilai Koefisien Penentu pengaruh tekanan udara terhadap daya angkat pesawat sekitar 8-24% artinya daya angkat dipengaruhi tekanan udara sebesar 8-24% pada masing-masing bulan yang telah dirincikan.

Pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat ditunjukkan pada TABEL 2 dan GAMBAR 2 (b), yaitu korelasi yang bernilai negatif pada tingkat yang sangat tinggi sepanjang tahun. Korelasi negatif tersebut mempunyai makna bahwa hubungan suhu udara terhadap daya angkat pesawat bersifat berbanding terbalik yaitu bila suhu udara meningkat maka daya angkat pesawat akan menurun, dan begitu pula sebaliknya. Nilai Koefisien Penentu pengaruh suhu udara terhadap daya angkat pesawat sekitar 86-92% artinya daya angkat dipengaruhi tekanan udara sebesar 86-92% pada masing-masing bulan yang telah dirincikan.

TABEL 3 dan GAMBAR 3 menunjukkan pengaruh tekanan dan suhu udara secara bersama-sama terhadap daya angkat pesawat di Bandara Kualanamu yang mempunyai tingkat pengaruh yang sangat kuat sepanjang tahun. Dari bulan Januari hingga Desember nilai korelasi  $\geq 0,95$  dengan nilai terkecil 0,958 di bulan Desember dan yang terbesar 0,975 pada bulan April. Rata-rata nilai Koefisien Penentu pengaruh tekanan dan suhu udara terhadap daya angkat adalah 93,88% yang berarti pengaruh dari kedua unsur tersebut secara bersama-sama terhadap daya angkat pesawat sangat tinggi.



**GAMBAR 4.** Grafik *density height* di Bandara Internasional Kualanamu

Dari GAMBAR 4 dapat diketahui bahwa pada tahun 2015, nilai *density height* tertinggi terjadi pada bulan Juni (1756,34ft) dan terendah pada bulan Januari (1469,11ft). Sedangkan pada tahun 2016, nilai *density height* tertinggi terjadi pada bulan Maret (1806,32ft) dan terendah pada bulan Februari (1513,23ft). Dan nilai rata-rata *density height* pada tahun 2016 (1631,84ft) mengalami kenaikan sebesar 28,52 ft dari nilai rata-rata *density height* pada tahun 2015 (1603,32ft).

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan dan suhu udara secara bersama-sama memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap daya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu. Secara terpisah, tekanan udara memiliki nilai korelasi positif yang cukup dan suhu udara memiliki nilai korelasi negatif yang tinggi terhadap variasi kerapatan udara dan daya angkat pesawat di Bandara Internasional Kualanamu. Selain itu, penulis menyarankan agar dilakukan penelitian serupa yang berkesinambungan mengingat data yang digunakan pada penelitian ini relatif terbatas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan staff di Stasiun Meteorologi Kualanamu yang telah menyediakan data pengamatan di Bandara Internasional Kualanamu. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada panitia Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan kesempatan dan wadah kepada penulis untuk mempublikasikan hasil penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Akdon dan Riduwan, *Rumus dan Data dalam Aplikasi Statistika*. Bandung: Alfabeta, 2005.
- [2] Fadholi, A., "Studi Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat di Bandara S. Babullah Ternate", *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* Vol. 01, No. 02, Juli, 2013.
- [3] Handoko, *Klimatologi Dasar*. Bogor: Pustaka Jaya, 2003.
- [4] Riduwan dan Akdon, *Dasar-dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta, 1997.
- [5] Rosyidah, "Study Kasus Tinjauan Pengaruh Cuaca Terhadap Operasi Penerbangan Khususnya Di Daerah Cengkareng", *Skripsi*, Jakarta: Badan Diklat Meteorologi dan Geofisika, 2006.
- [6] Santoso, Singgih, *Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. Jakarta: PT. Alex Media Komputindo, 2001.
- [7] Soepangkat, *Pengantar Meteorologi*. Jakarta: Badan Pendidikan dan Latihan Meteorologi dan Geofisika, 1994.
- [8] Soeyitno & Soeharsono, *Meteorologi Penerbangan*. Jakarta: Badan Diklat Meteorologi dan Geofisika, 1981.
- [9] Swarinoto, Y. dan Widiastuti, M. "Uji Statistika Terhadap Persamaan Eksperimental Untuk Menghitung Nilai Suhu Udara Permukaan Rata-rata Harian", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol 3. No.3 Juli-September, 2003.
- [10] Sujarwo, "Pengaruh Suhu Udara terhadap Daya Angkat Pesawat di Bandara Hasanuddin Makassar", Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar, 2006.