

---

**ANALISIS PERBEDAAN KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERDASARKAN  
DATA AWOS DAN LiDAR DI YIA**

***CROSSWIND AND TAILWIND ANALYSIS FOR FLIGHT OPERATIONS AT YIA  
AIRPORT BASED ON NASA POWER DATA***

Muhammad Fadillah Hafidz\*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri  
Yogyakarta, Indonesia

Nur Kadarisman, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\*e-mail: [muhammad0576fmipa.2021@student.uny.ac.id](mailto:muhammad0576fmipa.2021@student.uny.ac.id)

**Abstrak.** Kecepatan dan arah angin berperan penting dalam keselamatan operasional penerbangan, khususnya di bandara. Keakuratan sistem pemantauan cuaca sangat krusial dalam memastikan pesawat dapat beroperasi dengan aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan pola kecepatan dan arah angin di Yogyakarta International Airport (YIA) menggunakan data dari *Automated Weather Observing System* (AWOS) dan *Light Detection and Ranging* (LiDAR). Analisis dilakukan dengan metode statistik *Pearson Product Moment* untuk menghitung korelasi antara kedua sistem. Pemetaan pola angin menggunakan diagram *windrose*, sedangkan potensi *wind shear* dianalisis berdasarkan perubahan signifikan dalam kecepatan dan arah angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LiDAR lebih sensitif terhadap perubahan atmosfer dibandingkan AWOS, yang lebih stabil untuk pemantauan jangka panjang. Koefisien korelasi kecepatan angin antara AWOS dan LiDAR sebesar  $r = 0,8657$  menunjukkan hubungan yang kuat. Potensi *wind shear* terbesar terjadi pada bulan Agustus, terutama di Runway 29 akibat pola angin dominan dari Tenggara. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang lebih presisi serta kebijakan mitigasi risiko yang lebih baik guna meningkatkan keselamatan penerbangan dan mengurangi potensi gangguan operasional.

**Kata Kunci:** *Kecepatan angin, Arah angin, AWOS, LiDAR, Wind shear*

**Abstract.** *Wind speed and direction play an important role in the safety of aviation operations, especially at airports. The accuracy of the weather monitoring system is crucial in ensuring aircraft can operate safely and efficiently. This research aims to analyze differences in wind speed and direction patterns at Yogyakarta International Airport (YIA) using data from the Automated Weather Observing System (AWOS) and Light Detection and Ranging (LiDAR). Analysis was carried out using the Pearson Product Moment statistical method to calculate the correlation between the two systems. Wind pattern mapping uses windrose diagrams, while wind shear potential is analyzed based on significant changes in wind speed and direction. The results show that LiDAR is more sensitive to atmospheric changes than AWOS, which is more stable for long-term monitoring. The wind speed correlation coefficient between AWOS and LiDAR is  $r = 0.8657$ , indicating a strong relationship. The greatest potential for wind shear occurs in August, especially on Runway 29 due to the dominant wind pattern from the Southeast. Therefore, a more precise monitoring system and better risk mitigation policies are needed to improve flight safety and reduce the potential for operational disruptions.*

**Keywords :** *Wind speed, Wind direction, AWOS, LiDAR, Wind shear*

## PENDAHULUAN

Kecepatan dan arah angin memainkan peran penting dalam operasional penerbangan. Variabilitas kondisi angin dapat berdampak pada efisiensi bahan bakar, manuver pesawat, dan keselamatan penerbangan (Fatwa, 2022). Salah satu tantangan terbesar dalam operasional bandara adalah fenomena *wind shear*, yang merupakan perubahan mendadak dalam kecepatan dan arah angin yang dapat mengganggu kestabilan pesawat. Fenomena ini sering kali menyebabkan pesawat kehilangan daya angkat secara tiba-tiba sehingga meningkatkan risiko kecelakaan (Masters et al., 2010).

Sistem pemantauan cuaca menjadi faktor kunci dalam mitigasi risiko tersebut. Yogyakarta International Airport (YIA) menggunakan AWOS untuk pemantauan cuaca secara otomatis dan real-time. Namun, AWOS hanya dapat mendeteksi parameter angin pada satu ketinggian tertentu, yang menyebabkan keterbatasan dalam pemantauan vertikal. Sebagai alternatif, teknologi LiDAR diterapkan untuk meningkatkan akurasi pemantauan atmosfer dengan mengukur distribusi kecepatan angin pada berbagai ketinggian (Nechaj et al., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas AWOS dan LiDAR dalam mendeteksi pola kecepatan dan arah angin serta mengidentifikasi potensi *wind shear* di YIA (Nechaj, 2024). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi dalam pemilihan metode pemantauan angin yang lebih akurat guna meningkatkan keselamatan penerbangan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasi dan analisis statistik. Data dikumpulkan dari AWOS dan LiDAR untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam mendeteksi pola kecepatan dan arah angin serta mengidentifikasi potensi *wind shear* di Yogyakarta International Airport. Pengambilan data dilakukan secara kontinu dalam berbagai kondisi cuaca guna memperoleh variasi pola angin yang representatif.

Data kecepatan dan arah angin diperoleh dari AWOS yang mengukur parameter angin secara real-time di permukaan bandara, serta LiDAR yang mendeteksi distribusi kecepatan dan arah angin pada berbagai ketinggian atmosfer. Pengambilan data dilakukan secara bersamaan dari kedua sistem untuk memastikan kesesuaian hasil analisis. Data dikumpulkan dalam format digital dengan interval pencatatan tertentu guna memungkinkan analisis korelasi yang akurat.

- Analisis Korelasi

Untuk mengukur hubungan antara data dari AWOS dan LiDAR, digunakan metode statistik *Pearson Product Moment*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana korelasi antara kecepatan dan arah angin yang terdeteksi oleh kedua sistem (Astuti, 2017). Korelasi ini dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

Dengan :

- r = Koefisien korelasi
- n = Jumlah sampel
- Y = Variabel Dependen
- X = Variabel Independen

**Tabel 1. Koefisien Korelasi**

Besar Koefisien Korelasi	Interpretasi Koefisien Korelasi
0,00	Tidak ada korelasi
0,01-0,20	Korelasi sangat lemah
0,21-0,40	Korelasi lemah
0,41-0,70	Korelasi sedang
0,71-0,99	Korelasi tinggi
1,00	Korelasi sempurna

- *Windrose*  
Pola distribusi arah angin dianalisis menggunakan diagram *windrose*, yang memberikan gambaran visual mengenai arah dominan angin dalam periode penelitian. *Windrose* dibuat dengan bantuan perangkat lunak pemetaan cuaca berdasarkan data gabungan dari AWOS dan LiDAR (Ishak, 2020).
- Identifikasi *Wind Shear*  
Analisis frekuensi *wind shear* di Yogyakarta International Airport dilakukan untuk mendeteksi perubahan kecepatan dan arah angin dalam interval waktu tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa *wind shear* lebih sering terjadi pada bulan-bulan tertentu. Dengan memahami pola *wind shear*, langkah mitigasi seperti peringatan dini dapat diterapkan guna meningkatkan keselamatan penerbangan (Zhang et al., 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perbedaan Pola Kecepatan dan Arah Angin

#### 1. Variasi Kecepatan dan Arah Angin Bulanan

Analisis kecepatan angin di Yogyakarta International Airport (YIA) menunjukkan adanya variasi signifikan berdasarkan pengukuran menggunakan dua sistem, yaitu *Automated Weather Observing System* (AWOS) dan *Light Detection and Ranging* (LiDAR). Berdasarkan data yang dikumpulkan, ditemukan bahwa kecepatan angin yang tercatat oleh LiDAR secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan AWOS. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan metode pengukuran, di mana LiDAR menggunakan teknologi berbasis laser yang memungkinkan pengukuran pada berbagai ketinggian, sementara AWOS lebih berbasis sensor mekanis yang dipasang lebih dekat ke permukaan tanah.

Berikut adalah tabel variasi kecepatan dan arah angin bulanan berdasarkan data dari AWOS dan LiDAR:

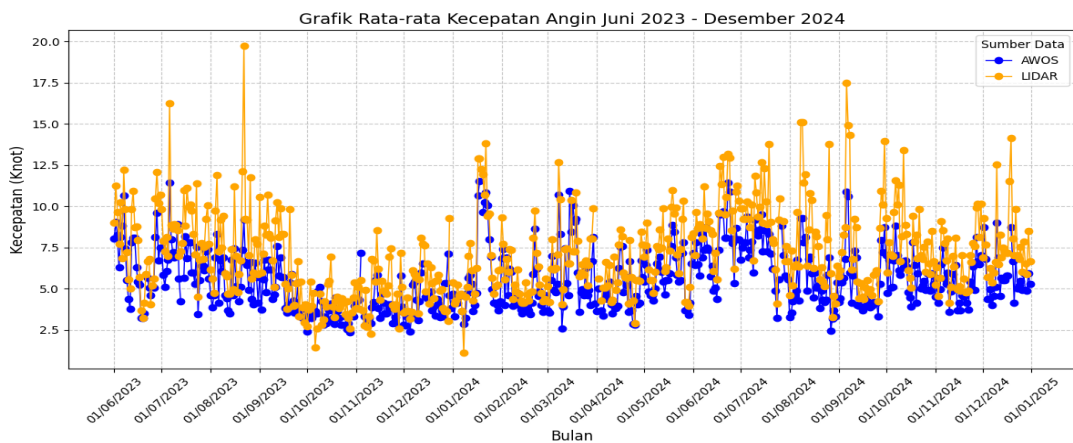
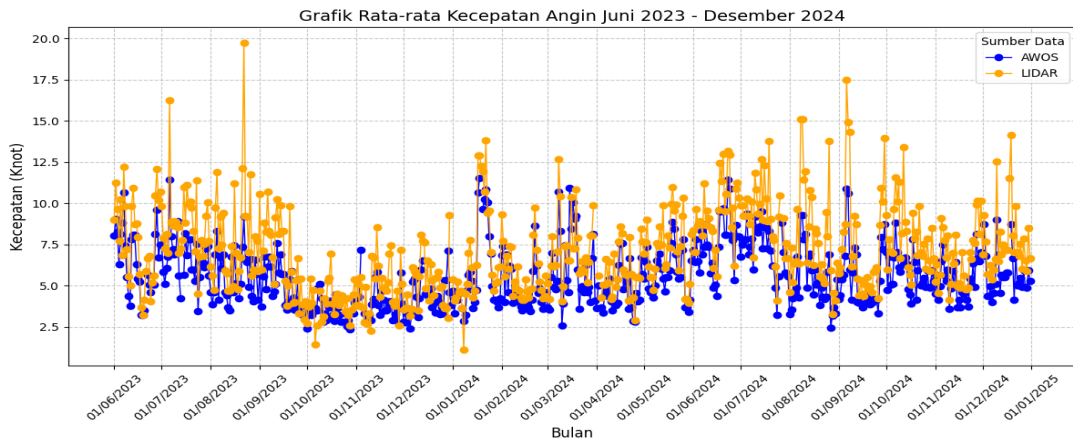
**Tabel 2. Variasi Kecepatan dan Arah Angin Bulanan**

Bulan	Rata-Rata Kecepatan Angin Bulanan		Arah Angin Dominan	
	AWOS	LiDAR	AWOS	LiDAR
Juni 2023	6.6	7.8	Tenggara	Tenggara
Juli 2023	6.7	8.7	Tenggara	Tenggara
Agustus 2023	5.6	7.8	Tenggara	Tenggara
September 2023	4.9	6.8	Tenggara	Tenggara
Oktober 2023	3.4	4.0	Selatan	Selatan
November 2023	4.0	4.9	Tenggara	Selatan
Desember 2023	4.2	5.1	Selatan	Selatan
Januari 2024	5.8	6.8	Barat Laut	Barat Laut
Februari 2024	4.8	5.8	Utara	Barat Laut
Maret 2024	6.1	7.2	Barat Laut	Barat
April 2024	4.7	5.8	Tenggara	Tenggara
Mei 2024	5.8	7.3	Tenggara	Tenggara
Juni 2024	7.6	9.4	Tenggara	Tenggara
Juli 2024	7.3	9.2	Tenggara	Tenggara
Agustus 2024	5.3	7.9	Tenggara	Tenggara
September 2024	5.5	7.6	Tenggara	Tenggara
Oktober 2024	5.8	8.0	Tenggara	Tenggara
November 2024	5.3	6.7	Utara	Barat Laut
Desember 2024	5.8	7.6	Barat Laut	Barat Laut

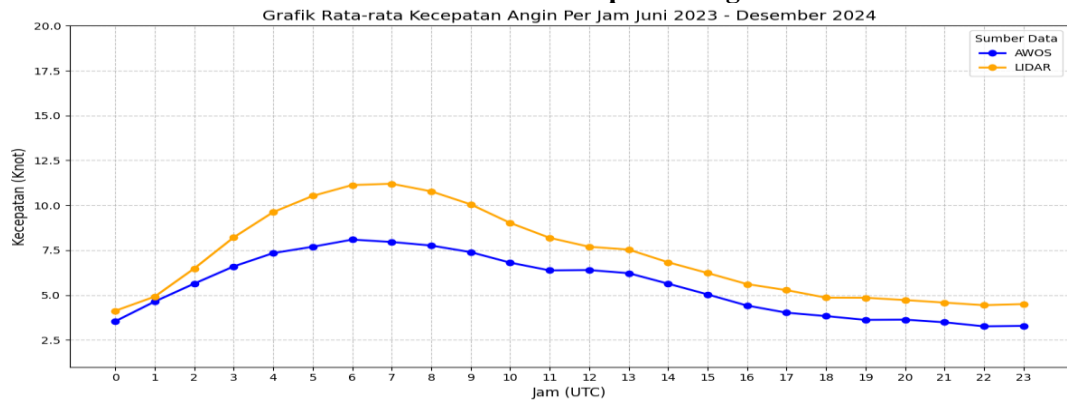
Kecepatan angin tertinggi terjadi pada Juni 2024 dengan nilai 9,4 m/s menurut LiDAR dan 7,6 m/s menurut AWOS. Sementara itu, kecepatan angin terendah tercatat pada Oktober 2023, yaitu 4,0 m/s (LiDAR) dan 3,4 m/s (AWOS). Arah angin dominan cenderung berasal dari Tenggara selama bulan Juni hingga September, namun mengalami perubahan pada bulan tertentu, seperti Januari dan Maret 2024 ketika arah angin bergeser menjadi Barat Laut. Perubahan arah angin ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh perubahan pola tekanan atmosfer yang terjadi selama periode tersebut. Faktor lain yang berkontribusi terhadap variasi ini termasuk perbedaan musiman, khususnya peralihan antara musim hujan dan musim kemarau yang mempengaruhi dinamika sistem angin di wilayah YIA.

## 2. Rata-Rata Kecepatan Angin Harian & Per Jam

Analisis tren kecepatan angin harian dan per jam selama periode Juni 2023 hingga Desember 2024 menunjukkan bahwa AWOS mencatat nilai rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan LiDAR. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh lokasi sensor, di mana AWOS dipasang lebih dekat ke permukaan tanah dan lebih terpengaruh oleh hambatan aerodinamis dari lingkungan sekitar.



**Gambar 1. Rata-rata Kecepatan Angin Harian**



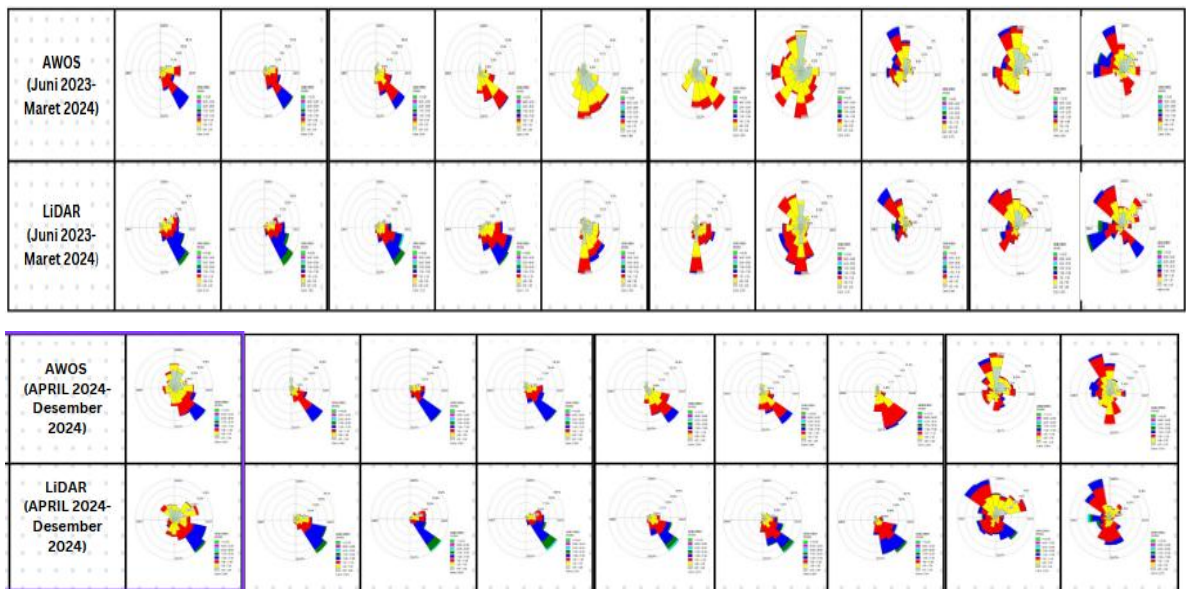
**Gambar 2. Rata-rata Kecepatan Angin Per Jam**

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kecepatan angin cenderung lebih tinggi pada siang hingga sore hari dibandingkan dengan malam hari. Peningkatan kecepatan angin pada siang hari erat kaitannya dengan efek pemanasan matahari yang menyebabkan perbedaan tekanan udara, sehingga memperkuat sirkulasi angin. Selain itu, pemanasan yang terjadi meningkatkan ketidakstabilan atmosfer dan mempercepat pergerakan massa udara, yang berkontribusi pada peningkatan kecepatan angin di siang hari. Sebaliknya, pada malam hari, suhu permukaan bumi mengalami penurunan akibat radiasi balik ke atmosfer, yang mengurangi gradien tekanan dan memperlemah kecepatan angin. Selain itu, proses pendinginan permukaan pada malam hari dapat menyebabkan terbentuknya lapisan inversi suhu yang membatasi pergerakan udara ke atas, sehingga menghambat sirkulasi angin dan menyebabkan penurunan kecepatan angin secara signifikan.

### 3. Windrose

Analisis *windrose* memberikan gambaran pola distribusi arah angin selama periode observasi, yang sangat berguna dalam memahami karakteristik angin di suatu wilayah. Data menunjukkan bahwa selama musim kemarau, angin dominan berasal dari arah Tenggara, yang disebabkan oleh pengaruh Monsun Australia. Monsun ini membawa massa udara kering dan stabil dari benua Australia, sehingga berdampak pada kondisi atmosfer yang cenderung lebih kering dengan sedikit presipitasi.

Sementara itu, pada musim hujan, pola angin mengalami perubahan yang signifikan, dengan dominasi angin dari arah Barat Laut. Angin ini membawa udara lembap yang berasal dari Samudra Pasifik dan Laut Cina Selatan, yang kemudian berkontribusi terhadap peningkatan curah hujan di wilayah tersebut. Perubahan pola angin ini sangat berpengaruh terjadinya fenomena cuaca ekstrem seperti hujan lebat dan badai, yang perlu diwaspadai dalam berbagai sektor, termasuk penerbangan



Gambar 3. Windrose Bulanan

### B. Koefisien Korelasi AWOS dan LiDAR

Untuk mengetahui hubungan antara data yang diperoleh dari AWOS dan LiDAR, dilakukan perhitungan koefisien korelasi. Koefisien korelasi digunakan untuk mengukur tingkat hubungan linier antara dua variabel, dalam hal ini data dari AWOS dan LiDAR. Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1.

#### 1. Perhitungan Korelasi AWOS dan LiDAR

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

$$r = \frac{562(24.468,53) - (3.110,858 \times 3.990,164)}{\sqrt{[(562 \times 19.167,586) - (3.110,858^2)][(562 \times 32.214,495) - (3.990,164^2)']}}$$

$$r = \frac{13.751.313,86 - 12.412.833,60}{\sqrt{[(10.772.183,332 - 9.677.437,49)][(18.104.546,19 - 15.921.408,74)]}}$$

$$r = \frac{1.338.480,26}{\sqrt{1.094.745,835 \times 2.183.137,443}}$$

$$r = \frac{1.338.480,26}{\sqrt{2.389.980.622.956,799}}$$

$$r = \frac{1.338.480,26}{1.545.960}$$

$$r = 0,8657 \text{ (Korelasi Tinggi)}$$

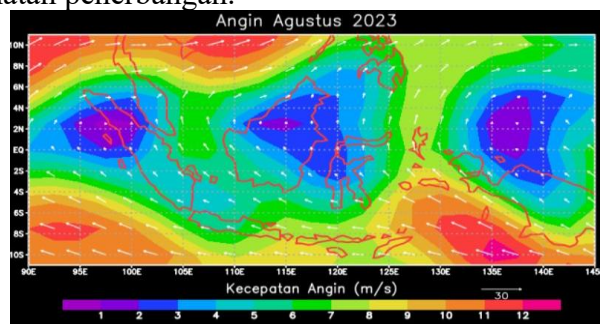
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai korelasi ( $r$ ) sebesar 0,8657, yang mengindikasikan adanya hubungan yang sangat kuat antara kedua sistem pengukuran. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa ketika satu sistem mencatat peningkatan atau penurunan kecepatan angin, sistem lainnya juga mencatat pola yang serupa. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua metode memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dalam merepresentasikan kondisi atmosfer di wilayah pengamatan.

Dengan korelasi yang tinggi ini, data dari AWOS dan LiDAR dapat digunakan secara saling melengkapi untuk berbagai keperluan. AWOS yang terpasang di permukaan memberikan data yang stabil dan mudah diakses secara *real-time*, sementara LiDAR mampu mendeteksi perubahan kecepatan angin di berbagai lapisan atmosfer. Kombinasi keduanya sangat bermanfaat dalam meningkatkan keselamatan operasional penerbangan di YIA,

### C. Identifikasi Potensi *Wind Shear*

*Wind shear* merupakan fenomena perubahan mendadak dalam kecepatan dan arah angin yang dapat berdampak signifikan terhadap keselamatan penerbangan. Fenomena ini sering terjadi akibat perbedaan tekanan atmosfer yang ekstrem, keberadaan sistem badai, atau pengaruh angin musiman seperti monsun. Dampaknya bisa sangat berbahaya, terutama saat pesawat lepas landas atau mendarat.

Untuk memahami lebih dalam distribusi *wind shear* di YIA, analisis dilakukan dengan pemetaan *streamline* pada lapisan atmosfer 925mb. *Streamline* merupakan representasi aliran angin yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah dengan perubahan kecepatan angin signifikan yang berpotensi menyebabkan *wind shear*. Dengan memahami pola *streamline*, dapat diperoleh gambaran mengenai karakteristik *wind shear* di area tersebut, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat disusun untuk meningkatkan keselamatan penerbangan.



Gambar 4. Streamline 925mb Agustus 2023

Dapat dilihat dari analisis *streamline* pada Agustus 2023 bahwa angin dominan datang dari arah Tenggara, yang merupakan indikasi musim kemarau di wilayah tersebut. Pola angin ini dipengaruhi oleh Monsun Timur yang membawa massa udara kering dengan kecepatan tinggi, sehingga sering kali menyebabkan ketidakstabilan atmosfer dan meningkatkan kemungkinan terjadinya *wind shear*. Kecepatan angin yang tinggi dari arah Tenggara dapat menciptakan perubahan mendadak dalam kecepatan dan arah angin, terutama di sekitar area bandara, yang berpotensi mengganggu pergerakan pesawat saat lepas landas maupun mendarat.

Berdasarkan identifikasi *wind shear* di YIA, jumlah kejadian *wind shear alert* menunjukkan variasi setiap bulan, yang berkaitan erat dengan perubahan pola angin musiman. Puncak kejadian *wind shear* terjadi pada bulan Agustus 2023 dan Agustus 2024, di mana kondisi atmosfer cenderung lebih dinamis akibat peningkatan kecepatan angin selama musim kemarau. Fenomena ini paling sering terdeteksi di sekitar Runway 29, yang merupakan salah satu area kritis dalam operasional penerbangan di YIA. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini, pola kejadian *wind shear* ini memberikan wawasan penting bagi otoritas bandara dan maskapai penerbangan dalam merencanakan strategi mitigasi risiko serta meningkatkan keselamatan penerbangan di kawasan tersebut.

**Tabel 3. Jumlah Kejadian *Wind Shear Alert***

Bulan	Jumlah <i>Wind Shear Alert</i>	
	Runway 11	Runway 29
Juni 2023	12	947
Juli 2023	2	685
Agustus 2023	815	4100
September 2023	171	2015
Oktober 2023	62	581
November 2023	5	87
Desember 2023	2	16
Januari 2024	46	52
Februari 2024	49	21
Maret 2024	90	63
April 2024	95	649
Mei 2024	701	2476
Juni 2024	1	26
Juli 2024	20	232
Agustus 2024	1210	4176
September 2024	175	1198
Oktober 2024	11	519
November 2024	37	102
Desember 2024	83	543

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa LiDAR lebih sensitif terhadap perubahan atmosfer dibandingkan AWOS karena dapat mengukur variasi kecepatan angin pada berbagai ketinggian, sementara AWOS lebih stabil dalam pemantauan jangka panjang di permukaan. Terdapat korelasi yang kuat antara data yang diperoleh dari AWOS dan LiDAR dengan koefisien korelasi  $r = 0,8657$ , yang menunjukkan bahwa kedua sistem

dapat digunakan secara bersamaan untuk meningkatkan akurasi pemantauan cuaca di bandara. Potensi *wind shear* tertinggi terjadi pada bulan Agustus, terutama di Runway 29 akibat pola angin dari Tenggara. *Wind shear* ini dapat berdampak langsung pada keselamatan penerbangan dan memerlukan tindakan mitigasi yang lebih optimal

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada BMKG Stasiun Meteorologi YIA dan Universitas Negeri Yogyakarta atas segala bentuk dukungan, bimbingan, serta fasilitas yang telah diberikan dalam proses penelitian ini. Dukungan yang diberikan, baik dalam bentuk data, sarana, maupun kesempatan untuk melakukan analisis di lingkungan yang kondusif, sangat membantu dalam kelancaran serta keberhasilan penelitian ini. Penulis juga menghargai kerja sama dan bantuan dari seluruh pihak yang terlibat, termasuk para staf, dosen, serta rekan-rekan yang telah memberikan masukan dan dorongan selama penelitian berlangsung. Semoga kontribusi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu meteorologi dan keselamatan penerbangan di masa mendatang

## DAFTAR PUSTAKA

- A Astuti, C. C. (2017). Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keeratan Hubungan antara Keaktifan Mahasiswa dengan Hasil Belajar Akhir. *JICTE (Journal of Information and Computer Technology Education)*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.21070/jicte.v1i1.1185>
- Fatwa, A. Z. (2022). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 1–64.
- Ishak. (2020). View of Analisa Pengaruh Arah Dan Kecepatan Angin Saat Take Off Dan Landing Di Bandara Adisutjipto Yogyakarta.pdf.
- Masters, F. J., Vickery, P. J., Bacon, P., & Rappaport, E. N. (2010). Toward objective, standardized intensity estimates from surface wind speed observations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(12), 1665–1681. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS2942.1>
- Nechaj, P. (2024). Lidar-Based analysis of low-level wind shear during thermal inversion at the Bratislava Airport. *Transportation Research Procedia*, 81, 205–215. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.11.022>
- Nechaj, P., Gaál, L., Bartok, J., Vorobyeva, O., Gera, M., Kelemen, M., & Polishchuk, V. (2019). Monitoring of low-level wind shear by ground-based 3D lidar for increased flight safety, protection of human lives and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224584>
- Zhang, J., Chan, P. W., & Ng, M. K. (2022). LiDAR-Based Windshear Detection via Statistical Features. *Advances in Meteorology*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3039797>