

Analisis Persentase Komponen Angin Pada Landasan Pacu (Runway) Bandara Yogyakarta International Airport Tahun 2023

**Atira Indiani Pangastuti
Muhammad Yusuf Fathoni
Yosafat Donni Haryanto**

Program Studi Meteorologi, STMKG
Program Studi Meteorologi, STMKG
Program Studi Meteorologi, STMKG

Atira.indiani.pangastuti21@gmail.com
myfathoni2015@gmail.com
yosafatdonni@gmail.com

Abstrak

Dalam operasi penerbangan faktor arah dan kecepatan angin sangat diperlukan untuk memutuskan apakah pesawat akan diperbolehkan landing atau take-off. Hal ini berguna untuk keselamatan dalam perjalanan pesawat dan penumpang. Dalam operasi penerbangan harus diperhatikan angin silang (crosswind) juga menjadi faktor yang perlu diperhitungkan karena dapat mempengaruhi kemampuan pilot dalam mengarahkan pesawat ke landasan dengan tepat. Tailwind adalah angin yang berhembus dari arah belakang (ekor) pesawat dan akan mengurangi daya angkatnya, headwind adalah angin yang berhembus dari arah depan pesawat dan meningkatkan daya angkatnya. Dalam penelitian ini akan meneliti tentang headwind, tailwind, dan crosswind di bandara Yogyakarta International Airport . Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin permukaan selama 1 tahun yang diperoleh dari Stasiun Meterologi Yogyakarta pada tahun 2023. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa data di Runway 11 persentase tertinggi headwind terdapat pada bulan Agustus (59.68 %), tailwind pada bulan November (51.39 %), right- crosswind pada bulan Januari (58.87 %), dan left-crosswind pada bulan Juli (60.89 %). Berdasarkan pengolahan data di Runway 29 persentase tertinggi headwind terdapat pada bulan November (53.75%), tailwind pada bulan Juni (53.61 %), right-crosswind pada bulan Februari (58.04%), dan left-crosswind pada bulan Desember (52.96%).

Kata kunci: Penerbangan, headwind, tailwind, crosswind

Abstract

In flight operations, wind direction and speed factors are very necessary to decide whether the plane will be allowed to land or take-off. This is useful for safety in airplane and passenger travel. In flight operations, crosswinds must be taken into account, which is also a factor that needs to be taken into account because it can affect the pilot's ability to direct the aircraft to the runway correctly. Tailwind is wind that blows from the rear (tail) of the plane and will reduce its lift, headwind is wind that blows from the front of the plane and increases its lift. In this research, we will examine headwind, tailwind and crosswind at Yogyakarta International Airport. The data used in this research is surface wind data for 1 year obtained from the Yogyakarta Meterological Station in 2023. Based on the research, the results showed that the data on Runway 11 had the highest percentage of headwind in August (59.68%), tailwind in November (51.39%). %), right-crosswind in January (58.87 %), and left-crosswind in July (60.89 %). Based on data processing on Runway 29, the highest percentage of headwind was in November (53.75%), tailwind in June (53.61%), right-crosswind in February (58.04%), and left-crosswind in December (52.96%).

Keywords: *Flight, headwind, tailwind, crosswind*

PENDAHULUAN

Arah dan kecepatan angin merupakan salah satu parameter meteorologi yang sangat krusial dalam dunia penerbangan, khususnya pada fase kritis seperti take-off dan landing. Kedua fase ini memerlukan kondisi atmosfer yang stabil dan terukur, karena kesalahan kecil dalam interpretasi kondisi angin dapat berdampak signifikan terhadap keselamatan penerbangan. Angin tidak hanya memengaruhi performa aerodinamis pesawat, tetapi juga berperan dalam menentukan panjang landasan yang dibutuhkan, kestabilan pesawat saat mendekati landasan, serta kemampuan pilot dalam mengendalikan arah pesawat (FAA, 2016).

Dalam operasional penerbangan, komponen angin diklasifikasikan menjadi headwind, tailwind, dan crosswind. Headwind memberikan keuntungan karena meningkatkan gaya angkat pesawat sehingga membantu proses lepas landas dan pendaratan menjadi lebih aman. Sebaliknya, tailwind cenderung mengurangi gaya angkat sehingga dapat meningkatkan risiko terutama saat landing. Sementara itu, crosswind menjadi salah satu faktor paling menantang karena dapat menyebabkan deviasi arah pesawat dari sumbu landasan (runway centerline), sehingga membutuhkan keterampilan pilot yang tinggi dalam melakukan koreksi arah (ICAO, 2018).

Seiring dengan meningkatnya lalu lintas penerbangan dan perkembangan infrastruktur bandara modern, analisis komponen angin menjadi semakin penting sebagai bagian dari sistem manajemen keselamatan penerbangan (aviation safety management system). Bandara dengan intensitas penerbangan tinggi seperti Bandara Internasional Yogyakarta memerlukan kajian meteorologi yang komprehensif guna mendukung pengambilan keputusan operasional yang tepat. Informasi mengenai distribusi dan karakteristik komponen angin secara temporal (bulanan maupun musiman) dapat menjadi dasar dalam penyusunan prosedur operasional standar (standard operating procedures) serta mitigasi risiko kecelakaan (WMO, 2017).

Selain itu, kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan dengan pola angin musiman (monsun) turut memengaruhi variabilitas arah dan kecepatan angin di berbagai wilayah. Hal ini menyebabkan karakteristik angin di suatu bandara dapat berubah secara signifikan sepanjang tahun. Oleh karena itu, analisis berbasis data observasi jangka panjang menjadi sangat penting untuk memahami pola dominan yang terjadi (BMKG, 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa distribusi komponen angin di berbagai bandara di Indonesia memiliki pola yang relatif berbeda tergantung kondisi geografis dan musim. Studi oleh Fadholi (2013) serta Sariana et al. (2018) menunjukkan bahwa komponen headwind cenderung lebih dominan, namun kejadian crosswind tetap perlu diwaspadai karena berpotensi mengganggu stabilitas pesawat saat pendaratan. Penelitian lain oleh Fatkhuroyan dan Wijayanto (2020) juga menegaskan pentingnya analisis crosswind menggunakan pendekatan wind rose untuk memahami arah dominan angin di sekitar bandara.

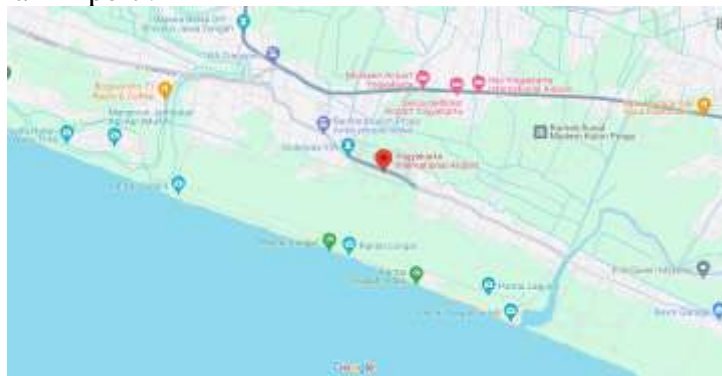
Penelitian mengenai komponen angin pada landasan pacu juga memiliki kontribusi praktis dalam perencanaan desain runway, penentuan orientasi landasan, serta evaluasi kelayakan operasional bandara. Dengan mengetahui dominasi komponen angin tertentu, pihak pengelola bandara dapat meningkatkan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan potensi risiko keselamatan (Stull, 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persentase komponen angin (headwind, tailwind, dan crosswind) pada landasan pacu Bandara Yogyakarta International Airport selama periode tahun 2023. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai karakteristik angin di lokasi penelitian serta menjadi referensi dalam pengambilan kebijakan operasional penerbangan yang lebih aman dan efisien.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandara Yogyakarta International Airport yang berlokasi di daerah Ngringit, Palihan, Temon, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta yang berkoordinat di 7°54'27"S 110°03'16"E. Di Bandara Yogyakarta International Airport memiliki landasan pacu (runway) 3.250 m. Gambar 1 menunjukkan lokasi penelitian secara grafis pada peta, memberikan gambaran visual yang memperjelas letak geografis penelitian Bandara Yogyakarta International Airport.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Data

Penelitian ini menggunakan data arah dan kecepatan angin permukaan dari pengamatan (sinoptik) setiap jam di Stasiun Meteorologi Yogyakarta selama 1 tahun dari bulan Januari 2023 sampai bulan Desember tahun 2023 diperoleh dari laman web <https://dataonline.bmkg.go.id/home>.

Metode

Pada penelitian ini menggunakan Metode ini dilakukan dengan memperhitungkan komponen angin dan klasifikasi hasil komponen angin. Perhitungan komponen angin bertujuan untuk menentukan komponen angin yaitu headwind, tailwind, dan crosswind di permukaan landasan pacu (runway) di Bandara Yogyakarta International Airport. Dalam penentuan komponen angin dicari dengan menggunakan arah dan kecepatan angin yang berhembus dan arah landas pacu yang menjadi target pesawat di bandara tersebut. Dalam penentuan komponen angin menghitung adapun perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini. Headwind/tailwind = wind strength x cos (wind direction – runway direction), jika hasil dari perhitungan ini bernilai positif maka komponen angin adalah headwind, dan sebaliknya jika hasil dari perhitungan ini bernilai negatif maka berarti tailwind. Crosswind = wind strength x sin (wind direction – runway direction), jika nilai dari perhitungan dihasilkan nilai positif maka komponen angin crosswind dari kanan, dan sebaliknya jika nilai dari perhitungan dihasilkan nilai negatif berarti dari kiri pesawat.

$$\text{Headwind/tailwind (Wh)} : u = ff \times \cos (RW - WD)$$

$$\text{Crosswind (Wc)} : v = ff \times \sin (RW - WD)$$

Keterangan sebagai berikut

u = kecepatan headwind/tailwind (Wh) (knot)

v = kecepatan crosswind (Wc) (knot)

ff = kecepatan angin (knot)

RW = arah landasan pacu (runway)

WD = arah angin permukaan

Di Bandara Yogyakarta International Airport terdapat dua landasan pacu (runway) yaitu landasan pacu (runway) 29 dan 11 yang mempunyai arti bahwa Runway 29 artinya runway

menghadap ke arah 290 derajat di sisi timur, yang berarti arah landing atau take off pesawat udara berada 290 derajat dilihat dari arah utara. Sedangkan, runway 11 artinya runway menghadap ke arah 110 derajat dari arah utara. Dalam penelitian ini akan menggunakan kedua runway tersebut.

Kemudian setelah penentuan komponen angin dilanjutkan dengan metode klasifikasi hasil penghitungan komponen angin dilakukan untuk mengetahui frekuensi kisaran kecepatan angin pada tahun 2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data arah dan kecepatan angin menghasilkan pembagian komponen angin (wind component). Dimana setiap komponen angin bulanan mempunyai persentase kejadian yang disajikan dalam bentuk tabel. Bandara Yogyakarta memiliki dua runway yaitu runway 11 dan runway 29. Tabel 1 berikut merupakan persentase kejadian komponen angin permukaan di Runway 11 di Yogyakarta International Airport tahun 2023.

Tabel 1. Persentase komponen angin di Runway 11

BULAN	JUMLAH DATA	WIND COMPONENT (%)			
		HEAD	TAIL	L-CROSS	R-CROSS
JAN	744	55.24	44.76	58.87	41.13
FEB	672	55.80	44.20	56.99	43.01
MAR	744	55.24	44.76	53.49	46.51
APR	720	51.11	48.89	53.06	46.94
MEI	744	56.18	43.82	46.24	53.76
JUN	720	58.89	41.11	41.94	58.06
JUL	744	57.66	42.34	39.11	60.89
AGUST	744	59.68	40.32	40.99	59.01
SEP	720	56.53	43.47	41.25	58.75
OKT	744	50.54	49.46	42.47	57.53
NOP	720	48.61	51.39	40.97	59.03
DES	744	53.49	46.51	49.73	50.27

Hasil perhitungan persentase komponen angin di Bandara Yogyakarta International Airport dengan asumsi pesawat take-off dan landing menggunakan runway 11 menunjukkan hasil yang hampir seragam setiap bulannya. Terlihat juga pada tabel 1 bahwa headwind memiliki nilai tertinggi sebesar 59.68%, pada bulan Agustus, sedangkan Tailwind memiliki nilai paling tinggi yaitu 51.39% pada bulan November. Kemudian untuk crosswind, terlihat pada tabel 1 bahwa crosswind yang berasal dari sebelah kanan runway 11 memiliki nilai paling tinggi sebesar 60.89% pada bulan Juli dan untuk crosswind dari sebelah kiri runway 11 memiliki nilai paling tinggi sebesar 58.87% pada bulan Januari.

Tabel 2. Persentase kecepatan angin pada kejadian headwind di Runway 11

BULAN	HEADWIND DI RUNWAY 11 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	52.55	30.17	15.82	1.46	0.00
FEB	44.27	32.00	15.73	7.47	0.53
MAR	64.96	27.01	7.06	0.97	0.00
APR	63.32	30.16	5.98	0.54	0.00
MEI	53.35	30.14	13.88	2.63	0.00

JUN	47.41	30.90	19.81	1.89	0.00
JUL	50.35	27.27	18.88	3.50	0.00
AGS	54.73	29.73	11.71	3.38	0.45
SEP	52.83	33.17	12.78	1.23	0.00
OKT	75.00	20.21	3.46	1.06	0.27
NOV	65.71	30.00	3.71	0.57	0.00
DES	67.59	24.87	6.78	0.75	0.00

Persentase komponen headwind seperti yang terlihat pada tabel 2 yang telah diklasifikasikan berdasarkan kecepatan anginnya. Komponen headwind yang tercatat merupakan headwind dengan kecepatan calm hingga lebih dari 20 knot. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase diatas 40%. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 75%. Kemudian, untuk persentase tertinggi kecepatan headwind 6-10 knot terjadi pada bulan September dengan persentase 33.17%, untuk kecepatan 11-15 knot terjadi pada bulan Juni sebesar 19.81, untuk kecepatan 16 – 20 knot memiliki persentase 7,47% di bulan Februari, dan headwind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Februari, Agustus, dan Oktober dengan persentase kurang dari 0.1%. Dari data tersebut dapat menjadi catatan bahwa headwind dengan kecepatan 0 hingga 5 knot memiliki persentase kejadian tertinggi dan dominan sering terjadi dibanding pada klasifikasi kecepatan lainnya.

Tabel 4. Persentase kecepatan angin pada kejadian tailwind di Runway 11

BULAN	TAILWIND DI RUNWAY 11 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	54.35	27.33	15.92	2.10	0.30
FEB	41.41	41.08	12.79	2.36	2.36
MAR	57.36	35.14	6.61	0.90	0.00
APR	57.95	35.80	5.40	0.85	0.00
MEI	51.53	30.06	15.03	3.07	0.31
JUN	49.66	31.42	15.54	3.38	0.00
JUL	39.05	31.75	23.81	5.40	0.00
AGS	50.33	32.33	15.00	2.33	0.00
SEP	46.33	37.38	14.70	1.28	0.32
OKT	65.22	27.45	6.79	0.54	0.00
NOV	56.49	36.76	6.76	0.00	0.00
DES	56.65	32.66	10.40	0.29	0.00

Persentase komponen tailwind di runway 11 seperti yang terlihat pada tabel 4. Terlihat bahwa kecepatan angin pada kejadian tailwind 0 – 5 knot hampir merata di setiap bulannya. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 65,22%. Kemudian, untuk persentase tertinggi kecepatan tailwind 6-10 knot terjadi pada bulan Febaruari dengan persentase 41.08%, untuk kecepatan 11-15 knot terjadi pada bulan Juli sebesar 23.81%, untuk kecepatan 16 – 20 knot memiliki persentase 5.40% di bulan Juli, dan tailwind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Januari, Februari, Mei, dan September dengan persentase tertinggi terjadi di bulan Februari sebesar 2,36%.

Tabel 5. Persentase kecepatan angin pada kejadian L-CROSS di Runway 11

BULAN	L-CROSS DI RUNWAY 11 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	54.79	28.08	15.30	1.60	0.23
FEB	42.82	33.42	16.71	6.27	0.78
MAR	64.07	27.14	7.29	1.51	0.00
APR	63.09	31.68	4.45	0.79	0.00
MEI	56.69	31.10	9.30	2.62	0.29
JUN	54.97	33.11	8.61	3.31	0.00
JUL	49.83	32.65	15.46	2.06	0.00
AGS	56.07	31.80	11.15	0.98	0.00
SEP	52.53	35.69	10.77	1.01	0.00
OKT	74.68	20.57	3.80	0.63	0.32
NOV	60.34	33.22	6.10	0.34	0.00
DES	67.03	24.05	7.84	1.08	0.00

Persentase kecepatan pada kejadian L-CROSS di runway 11 seperti yang terlihat pada tabel 5. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase di atas 40%. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 74,68%. Kemudian, untuk persentase tertinggi crosswind pada kecepatan 6-10 knot terjadi pada bulan September dengan persentase 35.69%, untuk kecepatan 11-15 knot terjadi pada bulan Februari sebesar 16,71%, untuk kecepatan 16 – 20 knot memiliki persentase tertinggi 6,27 % di bulan Februari, dan kecepatan angin left crosswind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Januari, Februari, Mei, dan Oktober.

Tabel 6. Persentase kecepatan angin pada kejadian R-CROSS di Runway 11

BULAN	R-CROSS DI RUNWAY 11 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	51.31	30.07	16.67	1.96	0.00
FEB	43.25	39.45	11.42	3.81	2.08
MAR	58.67	34.68	6.36	0.29	0.00
APR	57.99	34.32	7.10	0.59	0.00
MEI	49.00	29.25	18.75	3.00	0.00
JUN	43.54	29.67	24.88	1.91	0.00
JUL	42.83	26.93	24.50	5.74	0.00
AGS	50.80	30.07	14.35	4.33	0.46
SEP	48.23	34.52	15.60	1.42	0.24
OKT	66.82	26.17	6.07	0.93	0.00
NOV	61.41	33.65	4.71	0.24	0.00
DES	58.02	32.89	9.09	0.00	0.00

Persentase kecepatan pada kejadian R-CROSS di runway 29 seperti yang terlihat pada tabel 6. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase di atas 40%. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 66,82%. Kemudian, untuk persentase tertinggi crosswind pada kecepatan 6-10 knot terjadi pada bulan Februari dengan persentase 39,45%, untuk kecepatan 11-15 knot terjadi pada

bulan Juni sebesar 24,88%, untuk kecepatan 16 – 20 knot memiliki persentase tertinggi 5,74 % di bulan Juli, dan kecepatan angin right crosswind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Februari, Agustus, dan September. Dengan persentase tertinggi terjadi di bulan Februari sebesar 2,08%.

Tabel 7 Persentase komponen angin di Runway 29

BULAN	JUMLAH DATA	WIND COMPONENT (%)			
		HEAD	TAIL	L-CROSS	R-CROSS
JAN	744	50.27	49.73	47.18	52.82
FEB	672	53.72	46.28	41.96	58.04
MAR	744	50.13	49.87	47.58	52.42
APR	720	53.47	46.53	45.97	54.03
MEI	744	52.55	47.45	45.43	54.57
JUN	720	46.39	53.61	49.86	50.14
JUL	744	48.92	51.08	46.24	53.76
AGUST	744	49.46	50.54	45.43	54.57
SEP	720	47.22	52.78	48.06	51.94
OKT	744	48.39	51.61	49.33	50.67
NOP	720	53.75	46.25	47.78	52.22
DES	744	50.27	49.73	52.96	47.04

Hasil perhitungan persentase komponen angin di Bandara Yogyakarta International Airport dengan asumsi pesawat take-off dan landing menggunakan runway 29 menunjukkan hasil yang hampir seragam setiap bulannya seperti komposisi komponen di runway 29. Terlihat juga pada tabel 7 bahwa persentase headwind memiliki nilai tertinggi sebesar 53.75%, pada bulan November, sedangkan persentase Tailwind memiliki nilai paling tinggi yaitu 53.61% pada bulan Juni. Kemudian untuk crosswind, terlihat pada tabel 7 bahwa persentase crosswind yang berasal dari sebelah kanan runway 29 memiliki nilai paling tinggi sebesar 58.04% pada bulan Februari dan untuk persentase crosswind dari sebelah kiri runway 29 memiliki nilai paling tinggi sebesar 52.96% pada bulan Desember

Tabel 8. Persentase kecepatan angin pada kejadian Headwind di Runway 29

BULAN	HEADWIND DI RUNWAY 29 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	52.14	28.61	16.58	2.41	0.27
FEB	42.94	38.50	13.30	3.32	1.94
MAR	61.66	31.64	5.90	0.80	0.00
APR	61.56	31.69	6.49	0.26	0.00
MEI	61.38	25.58	12.28	0.77	0.00
JUN	55.09	29.04	15.27	0.60	0.00
JUL	54.95	24.18	16.76	4.12	0.00
AGS	57.61	27.99	12.23	2.17	0.00
SEP	55.29	29.71	13.82	0.88	0.29
OKT	71.94	22.22	5.28	0.56	0.00
NOV	64.60	30.49	4.65	0.26	0.00
DES	62.83	27.27	9.63	0.27	0.00

Persentase komponen headwind di runway 29 seperti yang terlihat pada tabel 8. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase diatas 40%. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 71,94%. Kemudian, untuk persentase tertinggi kecepatan headwind 6-10 knot terjadi pada bulan Februari dengan persentase 38.50%, untuk kecepatan 11-15 knot persentase tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 16.76%, untuk kecepatan 16 – 20 knot persentase tertinggi 4,12% di bulan Juli, dan headwind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Januari, Februari, dan Oktober dengan persentase tertinggi terjadi di bulan Februari sebesar 1,94%.

Tabel 9. Persentase kecepatan angin pada kejadian Tailwind di Runway 29

BULAN	TAILWIND DI RUNWAY 29 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	54.59	29.19	15.14	1.08	0.00
FEB	43.09	33.12	15.76	7.40	0.64
MAR	61.46	29.65	7.82	1.08	0.00
APR	59.70	34.33	4.78	1.19	0.00
MEI	42.78	35.13	16.71	5.10	0.28
JUN	42.49	32.90	20.47	4.15	0.00
JUL	36.58	33.95	25.00	4.47	0.00
AGS	48.40	33.51	13.83	3.72	0.53
SEP	45.26	39.74	13.42	1.58	0.00
OKT	68.49	25.26	4.95	1.04	0.26
NOV	56.76	36.94	6.01	0.30	0.00
DES	62.16	29.73	7.30	0.81	0.00

Persentase komponen tailwind di runway 29 seperti yang terlihat pada tabel 9. Terlihat bahwa kecepatan angin pada kejadian Tailwind 0 – 5 knot hampir merata di setiap bulannya. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 68,49%. Kemudian, untuk persentase tertinggi kecepatan Tailwind 6-10 knot terjadi pada bulan September dengan persentase 39.74%, untuk 11-15 knot terjadi pada bulan Juli sebesar 25.00%, untuk 16 – 20 knot memiliki persentase 7.40 % di bulan Februari, dan Tailwind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Februari, Mei, Agustus, dan Oktober.

Tabel 10. Persentase kecepatan angin pada kejadian L-CROSS di Runway 29

BULAN	L-CROSS DI RUNWAY 29 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	53.85	30.48	14.25	1.42	0.00
FEB	47.52	31.21	15.96	4.96	0.35
MAR	59.60	32.49	7.63	0.28	0.00
APR	58.61	35.05	5.74	0.60	0.00
MEI	48.82	32.84	15.09	3.25	0.00
JUN	44.01	31.48	22.28	2.23	0.00
JUL	45.35	28.20	22.09	4.36	0.00
AGS	52.07	28.99	13.91	4.44	0.59
SEP	48.27	33.82	16.18	1.73	0.00
OKT	65.40	27.25	5.99	1.36	0.00

NOV	60.47	34.30	4.65	0.58	0.00
DES	59.39	30.46	9.64	0.51	0.00

Persentase kecepatan pada kejadian L-CROSS di runway 29 seperti yang terlihat pada tabel 10. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase di atas 40%. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 65,40%. Kemudian, untuk persentase tertinggi crosswind pada kecepatan 6-10 knot terjadi pada bulan April dengan persentase 35.05%, untuk 11-15 knot persentase tertinggi terjadi pada bulan Juni sebesar 22,28%, untuk 16 – 20 knot persentase tertinggi 4,96 % di bulan Februari, dan kecepatan angin left crosswind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Februari dan Agustus.

Tabel 11. Persentase kecepatan angin pada kejadian R-CROSS di Runway 29

BULAN	R-CROSS DI RUNWAY 29 (%)				
	0-5 knot	6-10 knot	11-15 knot	16-20 knot	>20 knot
JAN	52.93	27.48	17.30	2.04	0.25
FEB	39.74	39.49	13.33	5.38	2.05
MAR	63.33	28.97	6.15	1.54	0.00
APR	62.47	31.11	5.66	0.77	0.00
MEI	55.67	27.83	13.79	2.46	0.25
JUN	52.63	30.75	13.85	2.77	0.00
JUL	45.75	30.00	20.00	4.25	0.00
AGS	53.69	32.27	12.32	1.72	0.00
SEP	51.60	36.10	11.23	0.80	0.27
OKT	74.80	20.42	4.24	0.27	0.27
NOV	61.44	32.71	5.85	0.00	0.00
DES	66.00	26.29	7.14	0.57	0.00

Persentase kecepatan pada kejadian R-CROSS di runway 29 seperti yang terlihat pada tabel 11. Terlihat bahwa kecepatan 0 – 5 knot hampir merata di setiap bulannya. Dimana kecepatan 0-5 knot mendominasi di bulan Oktober dengan persentase 74,80%. Kemudian, untuk persentase tertinggi crosswind pada kecepatan 6-10 knot terjadi pada bulan Februari dengan persentase 39,49%, untuk 11-15 knot persentase tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 20%, untuk 16 – 20 knot memiliki persentase tertinggi 5,38 % di bulan Februari, dan kecepatan angin right crosswind lebih dari 20 knot memiliki persentase 0% setiap bulannya, kecuali bulan Januari, Februari, Mei, September, dan Oktober.

KESIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan Kesimpulan bahwa komponen angin permukaan landas pacu bandara Yogyakarta International Airport terbagi menjadi headwind, tailwind, dan crosswind. Berdasarkan pengolahan data di Runway 11 persentase tertinggi headwind terdapat pada bulan Agustus (59.68 %), tailwind pada bulan November (51.39 %), right- crosswind pada bulan Januari (58.87 %), dan left-crosswind pada bulan Juli (60.89 %). Berdasarkan pengolahan data di Runway 29 persentase tertinggi headwind terdapat pada bulan November (53.75%), tailwind pada bulan Juni (53.61 %), right- crosswind pada bulan Februari (58.04%), dan left-crosswind pada bulan Desember (52.96%). Berdasarkan data Runway 11 dan Runway 29 diketahui bahwa kecepatan 0 – 5 knot mendominasi seluruh klasifikasi kecepatan dengan persentase di atas 40% baik itu di headwind, tailwind, left-crosswind, dan right- crosswind.

DAFTAR PUSTAKA

- Rinaldy, N. A. N. D. A., Saragih, I. J. A., & Yonas, B. W. (2017). Analisis Komponen Angin Permukaan di Landasan Pacu Bandara Douw Aturure-Nabire. Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya.
- Fadholi, A. (2013). Analisis Komponen Angin Landas Pacu (Runway) Bandara Depati Amir Pangkalpinang. *Statistika*, 13(2), 45–53.
- Fatkhuroyan, F., & Wijayanto, B. (2020). Identifikasi Angin Silang (Cross Wind) di Sekitar New Yogyakarta International Airport Menggunakan Plot Wind Rose. *Prosiding SNFA*, 5.
- Sariana, S., Jumarang, M. I., & Adriat, R. (2018). Kajian Pola Angin Permukaan di Bandara Supadio Pontianak. *PRISMA FISIKA*, 6(2), 108–116.
- Isnoor, K. F. N., & Firmantari, M. A. (2023). Analisis Persentase Komponen Angin pada Landasan Pacu Bandara Internasional Raja Haji Fisabilillah. *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 3(5), 1–9.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). Annex 3: Meteorological Service for International Air Navigation. Montreal: ICAO.
- World Meteorological Organization (WMO). (2017). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Geneva: WMO.
- Federal Aviation Administration (FAA). (2016). Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Washington DC: FAA.
- Stull, R. B. (2017). *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. University of British Columbia.
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press.
- Oke, T. R. (2002). *Boundary Layer Climates*. Routledge.
- BMKG. (2023). Data Observasi Meteorologi Permukaan. Diakses dari: <https://dataonline.bmkg.go.id>.