

Analisis Angin Permukaan Menggunakan Diagram *Wind Rose* untuk Keselamatan Penerbangan di Bandara Internasional Juwata

I. B. G. Y. Ceswaraningrat, D. Aryashta, dan M. Hermansyah

Volume 12, Issue 1, Pages 45–56, June 2024

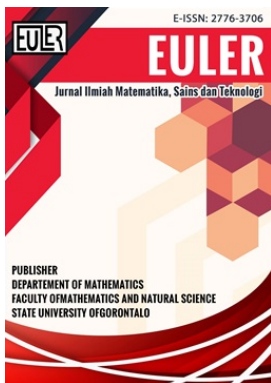
Diterima 15 Mei 2024, Direvisi 29 Mei 2024, Disetujui 3 Juni 2024, Diterbitkan 6 Juni 2024



To Cite this Article : I. B. G. Y. Ceswaraningrat, D. Aryashta, dan M. Hermansyah, "Analisis Angin Permukaan Menggunakan Diagram *Wind Rose* untuk Keselamatan Penerbangan di Bandara Internasional Juwata", *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–56, 2024, <https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25271>

© 2024 by author(s)

JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI

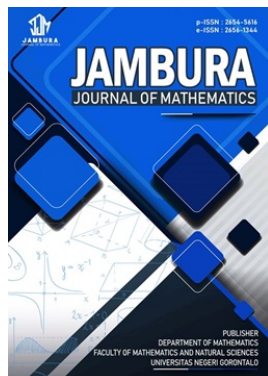


	Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/index
	Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
	Frequency	:	Biannual (June and December)
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	https://doi.org/10.37905/euler
	Online ISSN	:	2776-3706
	Editor-in-Chief	:	Resmawan
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/oai
	Google Scholar ID	:	QF_r_gAAAAJ
	Email	:	euler@ung.ac.id

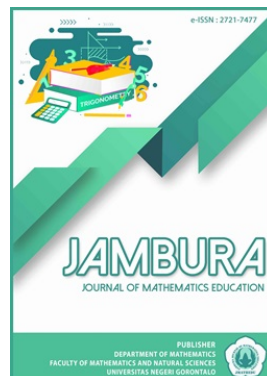
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



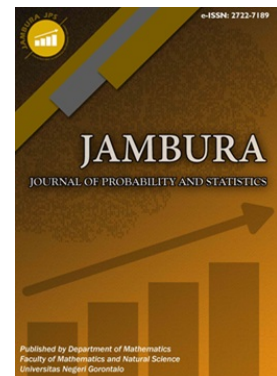
Jambura Journal of Biomathematics



Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics

Analisis Angin Permukaan Menggunakan Diagram *Wind Rose* untuk Keselamatan Penerbangan di Bandara Internasional Juwata

Ida Bagus Gede Yamuna Ceswaraningrat^{1,*}, Danurahni Aryashta¹, dan Muhammad Hermansyah¹

¹Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Juwata, Tarakan, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Diterima 15 Mei 2024
Direvisi 29 Mei 2024
Disetujui 3 Juni 2024
Diterbitkan 6 Juni 2024

KATA KUNCI

Angin Permukaan
Take off
Landing
Wind rose
WRPLOT
Crosswind

KEYWORDS

Surface wind
Take off
Landing
Wind rose
WRPLOT
Crosswind

ABSTRAK. Cuaca merupakan salah satu faktor utama yang dapat memengaruhi performa dan keselamatan penerbangan, dimana angin menjadi parameter pentingnya karena menyumbang setidaknya 10% dari total kejadian kecelakaan pesawat yang terjadi. Untuk meminimalisir potensi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola angin yang terjadi di sepanjang tahun 2015 hingga 2023, pola angin bulannya, pola angin dalam interval waktu 6 jam, serta mengidentifikasi periode dengan kecepatan angin ≥ 10 knot. Bandara Internasional Juwata Tarakan dipilih sebagai lokasi penelitian ini dengan memanfaatkan data arah dan kecepatan angin yang diperoleh dari sandi METAR setiap jamnya oleh BMKG Tarakan. Analisis menggunakan metode kuantitatif disajikan dalam bentuk diagram *wind rose* dan tabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bandara ini aman dalam melaksanakan operasional *take off* dan *landing* untuk berbagai jenis pesawat, dibuktikan dengan persentase frekuensi kecepatan angin < 10 knot setiap bulannya mencapai $> 98\%$. Meskipun demikian, pilot maskapai penerbangan perlu mewaspadaikan *crosswind* dengan kecepatan angin ≥ 10 knot yang berpotensi cukup besar terjadi pada bulan Juli hingga September. Arah angin dominan yang bertiup pada dini hari adalah *calms* dan disusul dari arah Utara, pagi harinya adalah *calms* dan disusul dari arah Barat Laut, siang harinya bertiup dari arah Timur, kemudian pada malam harinya adalah *calms* dan disusul dari arah Timur. Kecepatan angin dominan yang bertiup sepanjang hari sejak dini hari hingga malam hari berada pada rentang 2 – 7 knot.

ABSTRACT. Weather is one of the main factors that can affect flight performance and safety, where wind is an important parameter because it accounts for at least 10% of the total number of aircraft accidents that occur. To minimize this potential, this study was conducted to know the wind patterns that occurred throughout 2015 to 2023, the monthly wind patterns, the wind patterns in 6-hour intervals, and identifying periods with wind speeds ≥ 10 knots. Juwata Tarakan International Airport was chosen as the location of this study by utilizing wind direction and speed data obtained from hourly METAR data by BMKG Tarakan. The analysis used quantitative methods presented in the form of *wind rose* diagrams and tables. The results showed that the airport is safe in carrying out *take-off* and *landing* operations for various types of aircraft, as evidenced by the percentage of wind speed frequency < 10 knots each month reaching $> 98\%$. However, airline pilots need to be aware of *crosswinds* with wind speeds ≥ 10 knots which have the potential to be quite large from July to September. The dominant wind direction in the early morning was *calms* and followed by the North, in the morning was *calms* and followed by the Northwest, in the afternoon was blowing from the East, then in the evening was *calms* and followed by the East. The dominant wind speed that blew throughout the day from early morning to night was in the range of 2 - 7 knots.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. Editorial of EULER: Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Tarakan merupakan daerah dataran rendah yang terletak pada posisi $3^{\circ}14'30'' - 3^{\circ}26'37''$ Lintang Utara dan $117^{\circ}30'50'' - 117^{\circ}40'12''$ Bujur Timur. Wilayah ini memiliki bentuk topografi berupa pulau dan berbatasan langsung dengan Laut Sulawesi di sebelah Timur dan Pulau Kalimantan di sebelah utara, selatan dan barat [1]. Karena Tarakan memiliki bentuk topografis berupa pulau yang terpisah dari Pulau Kalimantan, maka moda transportasi

pesawat yang beroperasi di Bandar Udara (Bandara) Internasional Juwata menjadi salah satu pilihan bagi masyarakat setempat untuk bepergian ke wilayah lainnya di Kalimantan Utara.

Bandara Internasional Juwata Tarakan merupakan bandara yang terletak di Kelurahan Karang Anyar Pantai Kecamatan Tarakan Barat Kota Tarakan. Selain memudahkan masyarakat setempat bepergian antar kabupaten lain, bandara ini menjadi salah satu lokasi transit sekaligus pintu gerbang bagi wisatawan dari luar yang hendak melanjutkan perjalanan menuju wilayah lainnya di

*Penulis Korespondensi.

Provinsi Kalimantan Utara. Bandara ini memiliki dua landas pacu, yaitu *runway* 06 dan *runway* 24 dengan panjang antar landas pacu 2500 m x 45 m dan dapat didarati oleh pesawat jenis Boeing, Airbus dan Pesawat Perintis. *Runway* yang seringkali digunakan sebagai titik pendaratan pertama pesawat adalah *runway* 06 yang berada di sebelah barat daya dan berdekatan dengan tepi laut, sementara titik yang digunakan sebelum ancap-ancang *take off* adalah *runway* 24 yang berada di timur laut [2]. Dalam kegiatan operasional sehari-hari di bandara, seringkali dijumpai perbedaan kondisi cuaca yang signifikan di salah satu posisi *runway*. Sebagai contoh, kondisi cuaca di ujung *runway* 06 cenderung berawan sebagian namun di sisi *runway* 24 terdapat hujan lokal yang keberadaannya persisten di titik tersebut. Perbedaan kondisi cuaca yang sedemikian rupa membuat seorang pengamat cuaca di BMKG Tarakan dituntut untuk lebih detail dalam menyampaikan informasi cuaca terkini di bandara.

Cuaca menjadi salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi performa dan keselamatan penerbangan. Salah satu parameter cuaca yang perlu menjadi perhatian disini adalah angin, karena parameter tersebut menyumbang setidaknya 10% dari seluruh rangkaian kejadian kecelakaan pesawat yang terjadi [3]. Angin merupakan salah satu parameter cuaca yang penting dalam dunia penerbangan, karena dapat mempengaruhi kestabilan pesawat pada fase-fase kritis penerbangan, yaitu pada fase *taxi*, *take off* (lepas landas), *landing* (pendaratan) dan semua aktivitas penerbangan yang terjadi di bawah ketinggian 10.000 *feet* (kecuali pada fase *cruising flight*) [4].

Dalam dunia penerbangan, terdapat tiga jenis angin yang umumnya terjadi jika ditinjau dari arah berhembusnya terhadap pesawat dan posisi landas pacunya. Tiga diantaranya adalah *headwind*, *tailwind* dan *crosswind*. *Headwind* merupakan angin yang berhembus dari arah depan pesawat dan sejajar terhadap landasan pacu pesawat. Keberadaan *headwind* merugikan pesawat apabila berada pada fase *cruising*. Di fase ini, pesawat akan membutuhkan bahan bakar lebih banyak dibandingkan pada kondisi normalnya [5]. Selain *headwind* juga terdapat *tailwind* yang merupakan angin yang berhembus dari arah belakang pesawat dan sejajar terhadap landasan pacu pesawat. Berbanding terbalik dengan *headwind*, keberadaan *tailwind* merugikan pesawat pada fase *take off* dan *landing*. Hal ini dikarenakan *tailwind* akan mengurangi daya angkat pesawat [6]. Kemudian yang terakhir adalah *crosswind* yang merupakan angin yang berhembus dari arah samping pesawat. Berbeda dengan *headwind* dan *tailwind*, arah hembusan *crosswind* tidak sejajar terhadap landasan pacu pesawat. Arah angin yang tidak sejajar terhadap landasan pacu inilah yang mengakibatkan pesawat *take off* atau *landing* tidak sesuai dengan jalurnya [7]. *Federal Aviation Administration* (FAA) turut merekomendasikan untuk membatalkan penerbangan jika terjadi *crosswind* dengan kecepatan angin permukaan mencapai lebih dari atau sama dengan 10 knot [8]. Ketiga jenis angin yang telah diuraikan sebelumnya dirasa perlu untuk diidentifikasi dan dibuat rekapitulasi setiap bulannya. Hal ini dilakukan untuk memudahkan seorang pengamat dan prakirawan cuaca bandara dalam memahami pola angin yang sekiranya dapat membahayakan aktivitas *take off* dan *landing* di bandara setempat.

Untuk memperoleh rangkuman informasi terkait arah dan kecepatan angin di lokasi dan dalam periode waktu tertentu, digunakan diagram *wind rose*. Selain metode ini, informasi *Aero-*

drome Climatological Summary (ACS) juga dapat digunakan untuk mendapatkan rangkuman informasi yang serupa. Perbedaannya terletak pada *output* pengolahan datanya serta parameter cuaca yang digunakan. Hasil pengolahan dari ACS umumnya disajikan dalam bentuk tabel yang ditambahkan dengan deskripsi penjelasan [9]. Penyajian data dalam bentuk tabel memiliki kelemahan, dimana beberapa diantaranya adalah pembaca memerlukan waktu lebih lama untuk memahami bagaimana gambaran arah dan kecepatan angin dominan di suatu wilayah dan secara visual terlihat lebih kaku dan kurang menarik untuk dilihat. Oleh sebab itu, diagram *wind rose* lebih dipilih karena kelebihanannya memudahkan pembaca dalam mengetahui arah dan kecepatan angin dominan dengan lebih cepat dan visualisasinya yang menggunakan ragam warna. Diagram ini memiliki delapan garis memancar yang panjangnya menunjukkan seberapa banyak frekuensi dan kecepatan angin dari ketebalan dan perbedaan warna. Frekuensi angin *calm* ditunjukkan di bagian tengah dalam diagram *wind rose* [10].

Penelitian terkait analisis angin permukaan di bandara menggunakan *wind rose* sudah pernah dilakukan di enam lokasi bandara yang berbeda [11–15]. Penelitian serupa di Bandara Internasional Juwata Tarakan juga pernah dilakukan oleh Pratica dan Fauzan [16], namun dengan menggunakan data periode 2014 – 2020. Meskipun penelitian [11–16] sudah cukup baik dalam merepresentasikan pola angin yang terjadi setiap bulannya, keenamnya masih belum dapat mengidentifikasi waktu terjadinya kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot. Penelitian ini menggunakan acuan dari [17] untuk menambahkan data rekapitulasi kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot. Sebagai pembeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini ditambahkan analisis frekuensi arah dan kecepatan angin setiap 6 jam.

Jika ditinjau dari aktivitas penerbangannya yang cukup padat, penelitian ini perlu dilakukan dengan harapan selain melakukan pembaruan dari penelitian sebelumnya juga untuk meminimalisir potensi terjadinya kecelakaan pesawat dari faktor angin. Berdasarkan uraian latar belakang dan penelitian yang sudah pernah dilakukan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola angin permukaan di Bandara Internasional Juwata sepanjang tahun 2015 – 2023, setiap bulannya dan setiap interval waktu 6 jam serta mengidentifikasi periode bulan yang memiliki frekuensi kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot. Dengan tercapainya penelitian ini, baik pengamat dan prakirawan cuaca bandara di BMKG Tarakan dapat terbantu untuk lebih memahami pola angin yang terjadi di permukaan serta dapat mengambil keputusan apakah angin yang terjadi menunjukkan kondisi yang signifikan terhadap aktivitas penerbangan di bandara atau tidak.

2. Metode

Metode penelitian ini dilakukan secara analisis kuantitatif. Penelitian kuantitatif dipilih dikarenakan mampu menghasilkan informasi penelitian yang lebih terukur, karena dalam hal ini hasil penelitian lebih dipengaruhi oleh instrumen dan variabel yang digunakan daripada keterlibatan emosi antara peneliti dengan subjek penelitian [18]. Lokasi penelitian dilakukan di Bandara Internasional Juwata, Tarakan. Data yang digunakan diperoleh dari data arah dan kecepatan angin permukaan pada ketinggian 10 meter setiap 1 jam dari sandi *Meteorological Aerodrome Report* (ME-

TAR) BMKG Tarakan dengan periode waktu antara Januari 2015 hingga Desember 2023.

Data arah dan kecepatan angin yang diperoleh kemudian diolah menggunakan aplikasi *Wind Rose Plots For Meteorological Data* (WRPLOT) dengan cara mengklasifikasikan arah menjadi delapan arah mata angin, yaitu: 337,5 – 22,5° (Utara), 22,5 – 67,5° (Timur laut), 67,5 – 112,5° (Timur), 112,5 – 157,5° (Tenggara), 157,5 – 202,5° (Selatan), 202,5 – 247,5° (Barat Daya), 247,5 – 292,5° (Barat), dan 292,5 – 337,5° (Barat Laut). Pembagian rentang arah angin disesuaikan dengan pengaturan jumlah sektor dari aplikasi WRPLOT [19]. Untuk kecepatan angin dibagi menjadi enam kelas, yaitu: 0-2 knots, 3-7 knots, 8-12 knots, 13-17 knots, 18-22 knots dan lebih dari sama dengan 23 knots. Pembagian rentang kecepatan angin didasarkan atas rentang nilai *wind barb* yang digunakan sebagai dasar pengelompokan kecepatan angin oleh BMKG [20]. Setelah itu dibuat diagram *wind rose* untuk melihat frekuensi arah dan kecepatan angin terbanyak sepanjang tahun 2015 hingga 2023 dan setiap bulannya, dimana nilai frekuensi diketahui berdasarkan luasan sedangkan distribusi kecepatan angin berdasarkan pada keterangan warna yang berbeda. Persentase frekuensi arah dan kecepatan angin dominan dapat ditentukan dengan modus, dimana modus merupakan nilai yang paling sering muncul atau data yang paling tinggi frekuensinya [21].

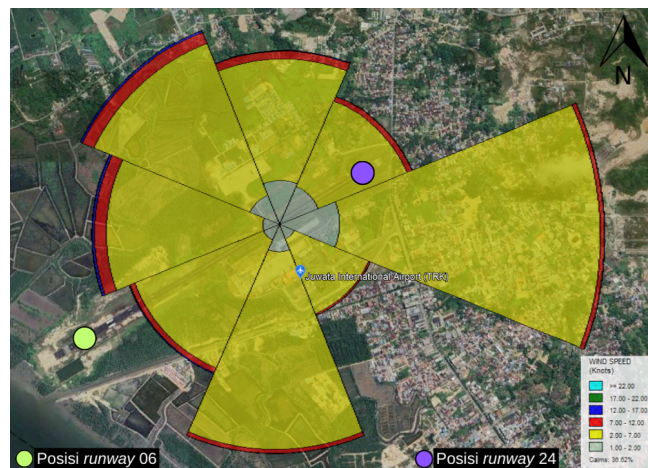
Selain itu, data dalam bentuk tabel juga digunakan untuk melihat persentase frekuensi arah dan kecepatan angin yang terjadi dalam interval 6 jam serta mengidentifikasi periode bulan yang mengalami kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot. Kemudian yang terakhir, selain diolah menggunakan WRPLOT data kecepatan angin yang tersedia juga diklasifikasikan menjadi dua kelas, yaitu: Kecepatan angin < 10 knot dan kecepatan angin ≥ 10 knot. Data yang telah terklasifikasi kemudian ditentukan persentasenya masing-masing dengan mencari rata-rata persentase kecepatan angin kurang dari 10 knot dan lebih dari atau sama dengan 10 knot-nya. Kedua nilai rata-rata ini didapatkan dengan membagi jumlah data pengamatan kecepatan angin yang kurang dari 10 knot atau lebih dari atau sama dengan 10 knot dengan banyaknya data kecepatan angin yang tersedia [21].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan arah dan kecepatan angin berdasarkan data pengamatan METAR BMKG Tarakan dilampirkan dalam bentuk Diagram *wind rose* dan tabel sebagai berikut. Dari hasil pengolahan, dijumpai keterangan *calms* yang memiliki arti nilai kecepatan angin di bawah 1 knot.

3.1. Analisis Angin Permukaan

Pada bagian ini, disajikan diagram *wind rose* yang menggambarkan pola angin permukaan di sepanjang bulan Januari hingga Desember dalam periode tahun 2015 – 2023. Analisis angin permukaan dilakukan untuk melihat dan mengetahui arah dan kecepatan angin permukaan dominan yang terjadi dalam periode waktu tersebut. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi sektor terpanjang dari diagram *wind rose* untuk menentukan arah angin dominan serta area warna terluas dari diagram *wind rose* untuk menentukan kecepatan angin dominannya.

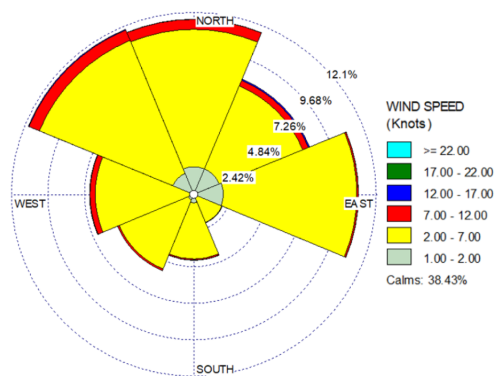


Gambar 1. Diagram *wind rose* secara keseluruhan (2015-2023)

Gambar 1 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata Tarakan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023. Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5 (Timur) dengan persentase 13,34% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 50,33%. Selain itu, perlu diperhatikan juga bahwa arah angin dominan kedua bertiup dari arah 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan persentase 9,19%. Apabila ditinjau dari posisi *runway* 06 dan 24 terhadap arah angin dominannya, maka kedua arah angin dominan tersebut cenderung tidak sejajar terhadap arah *runway* dan berpotensi menghasilkan *crosswind*. Dengan kata lain, pesawat yang hendak melakukan *take off* ataupun *landing* di Bandara Internasional Juwata Tarakan perlu memperhatikan nilai arah dan kecepatan angin di permukaan. Selain memperhatikan arah dan kecepatan angin dominan, perlu juga diperhatikan arah dan kecepatan angin yang memiliki persentase kecil.

3.2. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Januari

Gambar 2 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Januari dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 2. Diagram *wind rose* periode Januari 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan persentase 11,9% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 50,06%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Persentase Frekuensi Arah Angin Interval 6 jam-an Bulan Januari 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	12,289	17,051	10,702	5,888
2.	22,5-67,5	5,632	5,274	11,367	11,47
3.	67,5-112,5	1,536	1,331	22,427	19,918
4.	112,5-157,5	0,717	0,563	4,403	2,765
5.	157,5-202,5	1,178	2,816	11,418	0,922
6.	202,5-247,5	1,792	11,162	7,476	0,461
7.	247,5-292,5	4,506	13,006	8,961	0,768
8.	292,5-337,5	8,295	24,014	13,569	2,56
9.	Calms	64,004	24,731	9,626	55,146
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

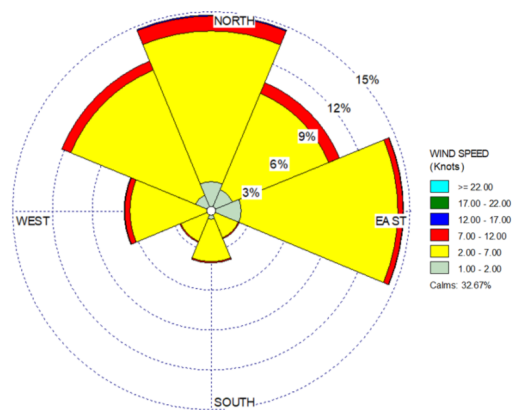
Tabel 2. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Januari 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	9,012	7,885	7,169	11,009
2.	2-7	24,475	63,185	80,082	32,514
3.	7-12	2,151	4,045	2,816	1,075
4.	12-17	0,256	0,102	0,256	0,154
5.	17-22	0,051	0	0	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	Calms	64,004	24,731	9,626	55,146
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Januari adalah calms dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.3. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Februari

Gambar 3 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Februari dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 3. Diagram wind rose periode Februari 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan persentase 14,76% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 54,28%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Tabel Persentase Frekuensi Arah Angin Interval 6 jam-an Bulan Februari 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	16,479	26,659	8,493	7,143
2.	22,5-67,5	11,08	8,155	11,192	11,417
3.	67,5-112,5	2,587	1,35	25,534	29,471
4.	112,5-157,5	0,956	0,787	4,612	2,531
5.	157,5-202,5	1,237	2,587	10,349	0,619
6.	202,5-247,5	0,9	3,375	5,4	0,731
7.	247,5-292,5	1,519	10,517	12,542	2,362
8.	292,5-337,5	9,074	26,041	14,848	1,519
9.	Calms	59,111	20,472	6,974	44,151
Data Kurang		0,056	0,056	0,056	0,056
Jumlah		100	100	100	100

Tabel 4. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Februari 2015-2023

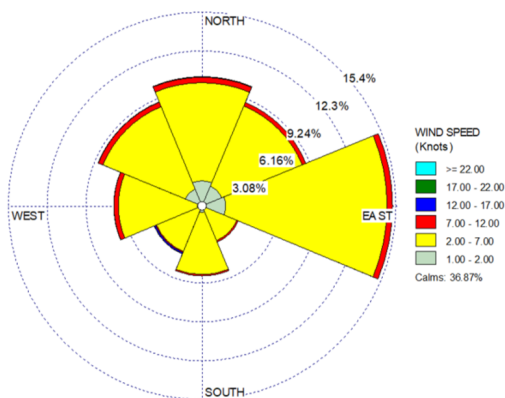
No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	11,699	8,268	6,074	10,517
2.	2-7	27,615	64,736	80,652	43,532
3.	7-12	1,519	6,3	6,018	1,575
4.	12-17	0	0,169	0,225	0,169
5.	17-22	0	0	0	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	Calms	59,111	20,472	6,974	44,151
Data Kurang		0,056	0,056	0,056	0,056
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan

Februari adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah angin dominan bertiup dari 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.4. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Maret

Gambar 4 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Maret dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 4. Diagram wind rose periode Maret 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan persentase 15,08% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 51,85%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Tabel Persentase Frekuensi Arah Angin Interval 6 jam-an Bulan Maret 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	11,939	19,233	6,298	4,096
2.	22,5-67,5	9,439	6,905	9,78	9,78
3.	67,5-112,5	3,112	2,2	28,059	28,264
4.	112,5-157,5	1,225	1,228	5,684	3,891
5.	157,5-202,5	0,867	4,706	14,491	1,434
6.	202,5-247,5	2,296	6,957	6,605	0,461
7.	247,5-292,5	3,061	15,499	7,885	0,768
8.	292,5-337,5	6,173	19,335	7,425	2,151
9.	Calms	61,837	23,888	13,723	49,104
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Maret adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5

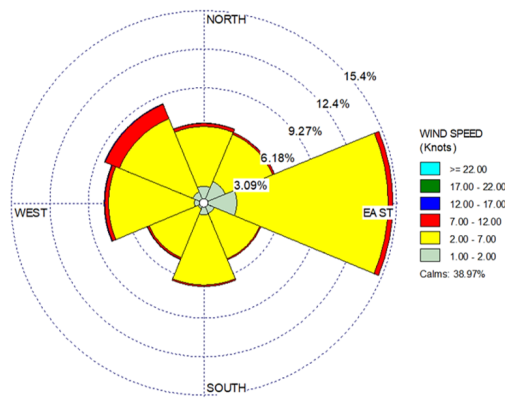
Tabel 6. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Maret 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	10,408	9,309	4,455	10,241
2.	2-7	26,122	63,836	77,931	39,375
3.	7-12	1,071	2,916	3,84	1,024
4.	12-17	0,459	0	0	0,205
5.	17-22	0,051	0	0	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	Calms	61,837	23,888	13,723	49,104
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

– 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.5. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan April

Gambar 5 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode April dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 5. Diagram wind rose periode April 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan persentase 15,12% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 47,9%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan April adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

Tabel 7. Tabel Persentase Frekuensi Arah Angin Interval 6 jam-an Bulan April 2015-2023

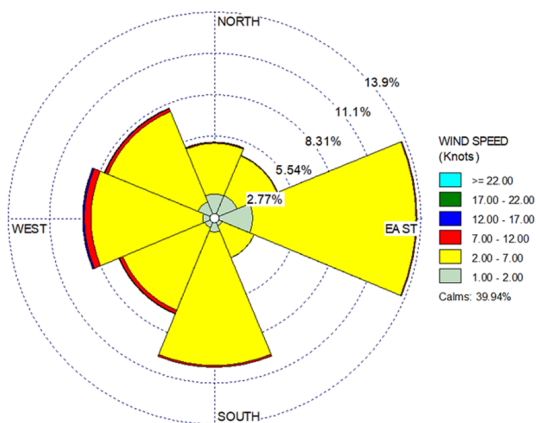
No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	8,381	12,275	3,175	2,434
2.	22,5-67,5	5,061	4,974	8,254	6,614
3.	67,5-112,5	2,372	3,704	29,577	26,402
4.	112,5-157,5	1,212	1,693	8,307	9,259
5.	157,5-202,5	1,898	7,09	16,243	1,164
6.	202,5-247,5	1,898	9,947	7,619	0,794
7.	247,5-292,5	3,585	16,614	9,577	0,847
8.	292,5-337,5	5,799	18,042	8,783	1,799
9.	<i>Calms</i>	69,741	25,609	8,413	50,635
Data Kurang		0,053	0,053	0,053	0,053
Jumlah		100	100	100	100

Tabel 8. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan April 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	9,594	8,624	7,99	14,444
2.	2-7	19,083	61,958	78,995	33,28
3.	7-12	1,107	3,651	4,444	1,27
4.	12-17	0,422	0,106	0,106	0,317
5.	17-22	0	0	0	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	<i>Calms</i>	69,741	25,609	8,413	50,635
Data Kurang		0,053	0,053	0,053	0,053
Jumlah		100	100	100	100

3.6. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Mei

Gambar 6 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Mei dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 6. Diagram wind rose periode Mei 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan persentase 13,55% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 48,3%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Mei 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	7,322	7,015	3,175	3,482
2.	22,5-67,5	3,84	2,714	6,247	5,479
3.	67,5-112,5	1,842	1,382	27,65	24,987
4.	112,5-157,5	1,126	1,024	5,12	4,096
5.	157,5-202,5	2,202	10,65	25,038	1,792
6.	202,5-247,5	3,277	13,159	9,37	1,331
7.	247,5-292,5	5,581	20,225	7,117	1,69
8.	292,5-337,5	6,912	17,716	4,506	2,099
9.	<i>Calms</i>	67,844	26,063	11,726	54,992
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

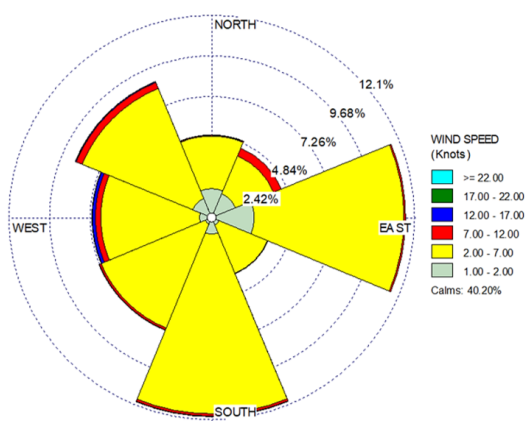
Tabel 10. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Mei 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	10,292	10,087	7,732	12,954
2.	2-7	19,765	62,519	79,621	30,364
3.	7-12	1,69	1,229	0,87	1,075
4.	12-17	0,307	0	0	0,461
5.	17-22	0,051	0,051	0	0,102
6.	>22	0	0	0	0
7.	<i>Calms</i>	67,844	26,063	11,726	54,992
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Mei adalah calms dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.7. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Juni

Gambar 7 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Juni dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 7. Diagram wind rose periode Juni 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan persentase 11,87% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 47,9%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Juni 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	7,143	7,778	2,593	2,54
2.	22,5-67,5	4,392	2,487	6,243	4,974
3.	67,5-112,5	1,534	1,164	22,698	22,434
4.	112,5-157,5	1,217	0,847	6,561	6,032
5.	157,5-202,5	3,28	11,64	28,836	2,54
6.	202,5-247,5	3,333	14,709	11,164	1,27
7.	247,5-292,5	4,761	16,032	5,608	1,481
8.	292,5-337,5	9,524	19,101	4,18	1,164
9.	Calms	64,762	26,191	12,064	57,513
	Data Kurang	0,053	0,053	0,053	0,053
	Jumlah	100	100	100	100

Tabel 12. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Juni 2015-2023

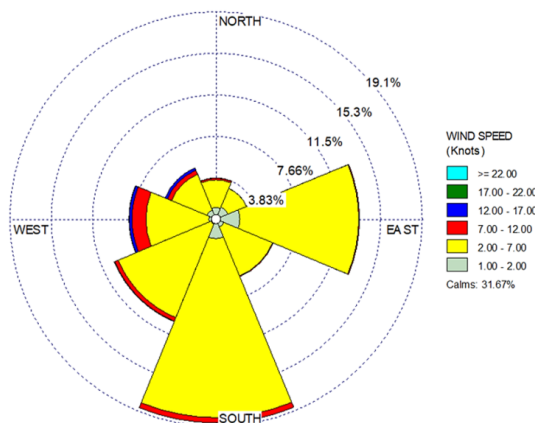
No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	10,688	8,466	7,725	12,275
2.	2-7	21,534	64,392	77,725	28,519
3.	7-12	2,222	0,9	2,434	1,058
4.	12-17	0,688	0	0	0,476
5.	17-22	0,053	0	0	0,106
6.	>22	0	0	0	0
7.	Calms	64,762	26,191	12,064	57,513
	Data Kurang	0,053	0,053	0,053	0,053
	Jumlah	100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan

Juni adalah calms dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan calms dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.8. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Juli

Gambar 8 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Juli dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 8. Diagram wind rose periode Juli 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan persentase 18,76% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 55,33%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 13. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Juli 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	5,714	5,166	2,151	2,663
2.	22,5-67,5	3,571	1,432	3,123	4,147
3.	67,5-112,5	1,786	1,176	25,397	28,008
4.	112,5-157,5	4,439	2,66	8,192	6,964
5.	157,5-202,5	12,245	25,115	32,77	7,271
6.	202,5-247,5	3,673	20,051	12,698	3,123
7.	247,5-292,5	4,694	15,755	5,684	5,12
8.	292,5-337,5	6,122	9,207	2,253	2,099
9.	Calms	57,704	19,386	7,68	40,553
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Juli adalah calms dan disusul dari arah 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya,

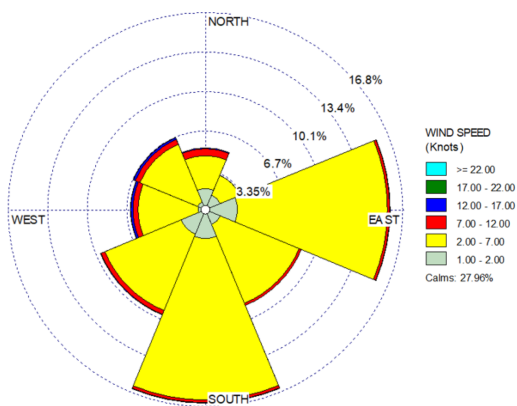
Tabel 14. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Juli 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	9,694	8,031	8,551	11,93
2.	2-7	29,184	69,872	82,028	41,884
3.	7-12	2,194	2,353	1,639	4,711
4.	12-17	1,173	0,307	0,051	0,768
5.	17-22	0	0	0	0,102
6.	>22	0	0	0	0
7.	<i>Calms</i>	57,704	19,386	7,68	40,553
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

arah angin dominan bertiup dari 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.9. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Agustus

Gambar 9 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Agustus dari tahun 2015-2023.



Gambar 9. Diagram wind rose periode Agustus 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 157,5 – 202,5° (Selatan) dengan persentase 16,41% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 55,44%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 15 dan Tabel 16.

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Agustus adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

Tabel 15. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Agustus 2015-2023

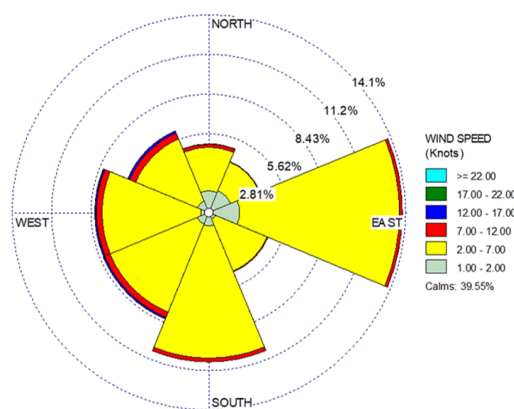
No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	9,847	6,036	2,048	2,611
2.	22,5-67,5	3,827	1,79	2,765	4,762
3.	67,5-112,5	3,367	1,79	26,011	33,487
4.	112,5-157,5	5,102	5,524	9,575	14,286
5.	157,5-202,5	6,327	20,205	34,665	2,355
6.	202,5-247,5	4,235	22,251	11,418	1,075
7.	247,5-292,5	6,48	12,072	4,967	1,485
8.	292,5-337,5	9,286	13,862	2,151	1,639
9.	<i>Calms</i>	51,48	16,419	6,349	38,249
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

Tabel 16. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Agustus 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	11,633	13,862	12,494	14,798
2.	2-7	30,969	67,775	79,724	44,137
3.	7-12	4,541	1,79	1,28	1,741
4.	12-17	1,173	0,102	0,051	0,922
5.	17-22	0,102	0	0	0,051
6.	>22	0,051	0	0,051	0,051
7.	<i>Calms</i>	51,480	16,419	6,349	38,249
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

3.10. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan September

Gambar 10 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode September dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 10. Diagram wind rose periode September 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan persentase 13,77% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 48,48%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 17 dan Tabel 18.

Tabel 17. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan September 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	6,378	7,188	3,28	2,804
2.	22,5-67,5	3,216	1,797	4,815	6,72
3.	67,5-112,5	2,794	1,638	26,508	27,09
4.	112,5-157,5	2,161	3,541	8,519	4,392
5.	157,5-202,5	3,268	14,376	21,746	1,852
6.	202,5-247,5	3,743	17,178	11,958	1,799
7.	247,5-292,5	6,062	15,381	8,571	1,746
8.	292,5-337,5	9,172	10,095	3,069	2,54
9.	<i>Calms</i>	63,152	28,753	11,482	51,005
Data Kurang		0,053	0,053	0,053	0,053
Jumlah		100	100	100	100

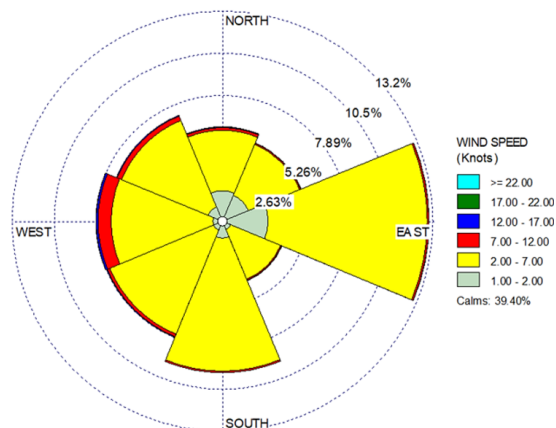
Tabel 18. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan September 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	8,803	9,381	8,836	11,693
2.	2-7	23,827	59,620	78,095	34,550
3.	7-12	3,374	1,638	1,429	1,905
4.	12-17	0,685	0,106	0,053	0,794
5.	17-22	0,106	0	0,053	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	<i>Calms</i>	63,152	0	11,482	51,005
Data Kurang		0,053	0,053	0,053	0,053
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan September adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.11. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Oktober

Gambar 11 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Oktober dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 11. Diagram wind rose periode Oktober 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan persentase 12,87% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 47,85%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 19 dan Tabel 20.

Tabel 19. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Oktober 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	9,745	8,082	2,663	3,687
2.	22,5-67,5	5,561	2,046	7,322	7,322
3.	67,5-112,5	2,347	2,148	26,421	22,786
4.	112,5-157,5	1,276	1,841	8,5	4,148
5.	157,5-202,5	3,01	11,714	21,182	1,536
6.	202,5-247,5	2,908	16,675	10,855	1,587
7.	247,5-292,5	4,49	19,386	6,042	1,331
8.	292,5-337,5	6,48	14,527	4,25	2,501
9.	<i>Calms</i>	64,133	23,529	12,699	55,044
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

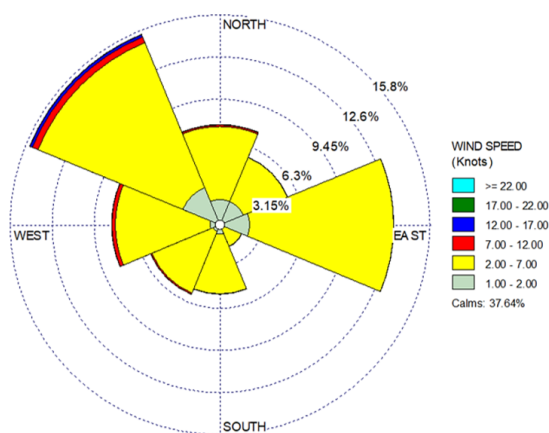
Tabel 20. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Oktober 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	11,888	8,645	9,011	14,132
2.	2-7	21,633	64,348	76,6	29,084
3.	7-12	1,735	3,171	1,536	0,973
4.	12-17	0,459	0,205	0,102	0,563
5.	17-22	0	0	0	0,102
6.	>22	0,102	0,051	0	0,051
7.	<i>Calms</i>	64,133	23,529	12,699	55,044
Data Kurang		0,051	0,051	0,051	0,051
Jumlah		100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Oktober adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.12. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan November

Gambar 12 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode November dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 12. Diagram wind rose periode November 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan persentase 15,45% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 49,46%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 21 dan Tabel 22.

Tabel 21. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan November 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	14,022	7,4	3,704	5,926
2.	22,5-67,5	3,954	2,431	9,471	6,614
3.	67,5-112,5	1,423	1,11	29,947	19,735
4.	112,5-157,5	0,58	1,057	3,598	2,116
5.	157,5-202,5	1,32	4,863	13,016	0,423
6.	202,5-247,5	2,056	13,002	7,196	0,582
7.	247,5-292,5	2,794	19,715	7,619	2,593
8.	292,5-337,5	10,701	24,947	14,815	10
9.	Calms	63,1	25,423	10,582	51,960
	Data Kurang	0,053	0,053	0,053	0,053
	Jumlah	100	100	100	100

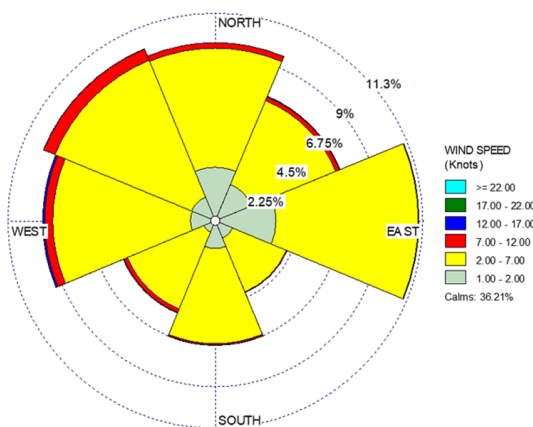
Tabel 22. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan November 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	9,910	10,729	110,847	15,079
2.	2-7	25,461	62,209	77,407	31,534
3.	7-12	1,107	1,586	1,005	0,741
4.	12-17	0,264	0	0,106	0,582
5.	17-22	0,053	0	0	0,053
6.	>22	0,053	0	0	0
7.	Calms	63,1	25,423	10,582	51,96
	Data Kurang	0,053	0,053	0,053	0,053
	Jumlah	100	100	100	100

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan November adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.13. Analisis Angin Permukaan Bulanan dan Interval 6 jam-an pada Bulan Desember

Gambar 13 secara umum menunjukkan rata-rata arah dan kecepatan angin permukaan yang terjadi di Bandara Internasional Juwata pada periode Desember dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023.



Gambar 13. Diagram wind rose periode Desember 2015-2023

Arah angin dominan bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur) dengan persentase 11,01% dan kecepatan angin dominan atau terbanyak sebesar 2 – 7 knot dengan persentase 47,18%. Informasi lebih detail terkait arah dan kecepatan angin dominan dalam interval 6 jam disajikan pada Tabel 23 dan Tabel 24.

Arah dan kecepatan angin dominan pada dini hari di bulan Desember adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada pagi hari-

Tabel 23. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Desember 2015-2023

No.	Arah Angin (°)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	337,5-22,5	13,214	14,169	5,786	4,608
2.	22,5-67,5	5,357	5,217	7,68	11,316
3.	67,5-112,5	2,245	1,33	20,686	20,993
4.	112,5-157,5	4,796	2,455	7,373	4,66
5.	157,5-202,5	2,143	5,78	16,59	0,72
6.	202,5-247,5	3,316	9,719	7,476	0,87
7.	247,5-292,5	4,847	17,698	13,262	1,28
8.	292,5-337,5	6,786	22,2	10,241	1,485
9.	Calms	57,245	21,381	10,855	54,02
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

Tabel 24. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Interval 6 jam-an Bulan Desember 2015-2023

No.	Kecepatan Angin (Knot)	Dini Hari (00.00-06.00) LT	Pagi Hari (06.00-12.00) LT	Siang Hari (12.00-18.00) LT	Malam Hari (18.00-24.00) LT
1.	1-2	15,51	12,174	13,11	16,744
2.	2-7	24,388	63,223	74,04	27,96
3.	7-12	2,347	3,12	1,946	0,922
4.	12-17	0,459	0,051	0	0,307
5.	17-22	0	0	0	0
6.	>22	0	0	0	0
7.	Calms	57,245	21,381	10,855	54,02
	Data Kurang	0,051	0,051	0,051	0,051
	Jumlah	100	100	100	100

nya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada siang harinya, arah angin dominan bertiup dari 67,5 – 112,5° (Timur) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot. Pada malam harinya, arah dan kecepatan angin dominan *calms* dan disusul dari arah 247,5 – 292,5° (Barat) dengan kecepatan dominan 2 – 7 knot.

3.14. Rekapitulasi Persentase Kecepatan Angin Bulanan Periode 2015 – 2023

Untuk mengetahui kapan periode waktu terjadinya kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot di Bandara Internasional Juwata Tarakan, di bagian ini ditampilkan hasil rekapitulasi kecepatan angin setiap bulannya dari Januari hingga Desember pada tahun 2015 – 2023. Hasil rekapitulasi ditampilkan pada Tabel 25.

Tabel 25 menunjukkan rata-rata persentase nilai frekuensi kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot sebesar 0,711%. Nilai ini menunjukkan arti bahwa pada bulan Juli, Agustus dan September, peluang terjadinya angin lebih dari atau sama dengan 10 knot-nya berada di atas dari persentase rata-ratanya pada rentang 0,911% hingga 1,927%. Sementara di bulan lainnya, rata-rata persentase frekuensi kecepatan angin lebih dari atau sama

Tabel 25. Tabel Persentase Frekuensi Kecepatan Angin Periode 2015-2023

No.	Bulan	Kecepatan Angin < 10 knot	Kecepatan Angin ≥ 10 knot	Jumlah
1.	Januari	99,418	0,582	100
2.	Februari	99,328	0,672	100
3.	Maret	99,597	0,403	100
4.	April	99,445	0,555	100
5.	Mei	99,612	0,388	100
6.	Juni	99,413	0,587	100
7.	Juli	98,073	1,927	100
8.	Agustus	98,984	1,016	100
9.	September	99,089	0,911	100
10.	Oktober	99,462	0,538	100
11.	November	99,568	0,432	100
12.	Desember	99,478	0,522	100

dengan 10 knot-nya berada di bawah dari persentase rata-ratanya pada rentang 0,388% hingga 0,672%. Persentase frekuensi kecepatan angin yang kurang dari 10 knot-nya cenderung berada di atas 98% di setiap bulannya.

4. Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil analisis yang telah diberikan, dapat disimpulkan bahwa Bandara Internasional Juwata Tarakan masuk dalam kategori aman untuk melaksanakan operasional *take off* dan *landing* untuk berbagai jenis pesawat. Hal ini dibuktikan dengan persentase frekuensi kecepatan angin di bawah 10 knot setiap bulannya yang mencapai lebih dari 98%. Meskipun demikian, para pilot maskapai penerbangan perlu mewaspadai *crosswind* dengan kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot yang berpotensi cukup besar terjadi pada periode bulan Juli hingga September. Arah angin dominan yang bertiup pada dini hari adalah *calms* dan disusul dari arah 337,5 – 22,5° (Utara), pagi harinya adalah *calms* dan disusul dari arah 292,5 – 337,5° (Barat Laut), siang harinya bertiup dari arah 67,5 – 112,5° (Timur), kemudian pada malam harinya adalah *calms* dan disusul dari arah 67,5 – 112,5° (Timur). Kecepatan angin dominan yang bertiup sepanjang hari sejak dini hari hingga malam hari berada pada rentang 2 – 7 knot. Dengan mengetahui pola angin di permukaan dan kapan periode kecepatan angin lebih dari atau sama dengan 10 knot terjadi, baik *forecaster* BMKG dan pilot maskapai penerbangan dapat lebih memahami kondisi angin yang terjadi di bandara sekaligus mampu mengurangi potensi terjadinya kecelakaan pesawat baik pada fase *take off* maupun *landing*.

Kontribusi Penulis. Ida Bagus Gede Yamuna Ceswaraningrat: konseptualisasi, analisis formal, metodologi, investigasi, perangkat lunak, penulisan - draf. Danurahni Aryashta: investigasi, perangkat lunak, visualisasi, penulisan - draf. Muhammad Hermansyah: investigasi, kurasi data, validasi. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan.

Ucapan Terima Kasih. Para penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Muhammad Sulam Khilmi selaku Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Tarakan atas kesempatan dan dorongannya kepada tim penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Pa-

ra penulis juga menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer atas pembacaan yang cermat, kritik yang mendalam, dan rekomendasi yang praktis untuk meningkatkan kualitas tulisan ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pembiayaan eksternal

Konflik Kepentingan. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Tarakan, "Kota Tarakan Dalam Angka," Tarakan: BPS Kota Tarakan, 2023.
- [2] Juwata International Airport, "Tentang Kami," 2023. [Online]. Available: <https://juwataairport.co.id/halaman/1>. [Accessed: Feb 02, 2024].
- [3] Federal Aviation Administration, "Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge," United States Department of Transportation, 2023.
- [4] Federal Aviation Administration, "Instrument Procedures Handbook," United States Department of Transportation, 2017.
- [5] SKYbrary, "Headwind," 2021. Accessed: Feb 05, 2024. [Online]. Available: <https://skybrary.aero/articles/headwind>.
- [6] SKYbrary, "Tailwind," 2022. [Online]. Available: <https://skybrary.aero/articles/tailwind>. [Accessed: Feb 05, 2024].
- [7] Hong Kong Observatory, "Crosswind and Aviation Safety," 2013. [Online]. Available: <https://www.hko.gov.hk/en/education/aviation-and-marine/aviation/00208-crosswind-and-aviation-safety.html>. [Accessed: Feb 05, 2024].
- [8] Aviation Safety, "Crosswind Considerations," 2013. [Online]. Available: <https://skybrary.aero/articles/tailwind>. [Accessed: Feb 05, 2024].
- [9] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, "Artikel: Analisis Arah dan Kecepatan Angin Menggunakan Data Aerodrome Climatological Summary," 2019. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/artikel/?p=analisis-arrah-dan-kecepatan-angin-menggunakan-data-aerodrome-climatological-summary&lang=ID>. [Accessed: May 27, 2024].
- [10] Britannica, "wind rose," 2013. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/wind-rose>. [Accessed: Feb 11, 2024].
- [11] D. A. Tulandi, J. V. Tumangkeng, and F. E. A. Tumbelaka, "Analisis Data Angin Permukaan di Bandara Sam Ratulangi Manado Menggunakan Metode Wind Rose," *JSME (Jurnal Sains, Matematika, dan Edukasi)*, vol. 1, no. 1, pp. 11-16, 2020.
- [12] R. W. Saragih and P. S. Siregar, "Analisis Data Angin Permukaan di Bandara Syarif Kasim II Pekanbaru Menggunakan Metode Windrose," *Jurnal Widya Climago*, vol. 3, no. 2, pp. 85-91, 2021.
- [13] D. Septika, A. Fatikasari, and T. Kusmita, "Analisis Data Angin Permukaan di Bandar Udara Depati Amir Pangkalpinang Menggunakan Metode Windrose," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 30-36, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.33019/jrfi.v4i1.4698>.
- [14] S. Oktavia, S. Syafriani, L. Dwiridal, and N.F. Sudiar, "Analysis of Surface Wind Speed at Minangkabau International Airport for the period 2011-2020 using the Windrose Method," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2582, Oct. 2023, pp. 1-10, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012006>.
- [15] H. A. Noor, A. Khamas, T. Juhanah, D. Rimbawa, and M. Fachrurrozy, "The Characteristics Surface Wind Around Soekarno-Hatta Airport Based on Analysis of Frequency Distribution Using Windrose Application," *Journal on Education*, vol. 6, no. 2, pp. 12331-12337, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.31004/joe.v6i2.4891>.
- [16] T. D. Pratica and A. Fauzan, "Analysis of Surface Wind Patterns at Juwata Tarakan Airport for The Period of 2014-2020," *International Seminar on Teacher Training and Education*, pp. 14-19, 2021.
- [17] M. A. N. Alfaridzi, I. Endrawijaya, and A. N. Widyantoro, "Analisis Data Angin Permukaan di Bandar Udara Budiarto dengan Menggunakan Metode Wind Rose Untuk Meningkatkan Keselamatan Terbang Taruna," *Jurnal ENERGY (Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik)*, vol. 13, no. 1, pp. 28-43, May. 2023. doi: <https://doi.org/10.51747/energy.v13i1.1442>.
- [18] A.W. Kurniawan and Z. Puspitaningtyas, *Metode Penelitian Kuantitatif*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2016.
- [19] J. L. Thé, C. L. Thé, and M. A. Johnson, *WRPLOT View User Guide*, Ontario: Lakes Environmental, 2016.
- [20] National Weather Service, "Information about wind barbs," 2020. [Online]. Available: <https://www.weather.gov/hfo/windbarbinfo>. [Accessed: Feb 22, 2024].
- [21] M. Wahyuni, *Statistik Deskriptif untuk Penelitian Olah Data Manual dan SPSS Versi 25*, Yogyakarta: Bintang Pustaka Madani, 2020.