

PEMILIHAN RUNWAY BERDASARKAN ARAH ANGIN TIAP MUSIM DI BANDAR UDARA BUDIARTO

Arum Hidayati^{(1)*}, Ratna Komala⁽²⁾, Henry Riyandi⁽³⁾, Herman Susanto⁽⁴⁾

^{1,2,3}Stasiun Meteorologi Budiarto, ⁴Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

¹arumhidayati@raharja.info, ²ratnakomala@raharja.info, ³henryriyandi@raharja.info ,

⁴hermanobu@gmail.com

Received :
20 September 2022

Revised :
13 Januari 2023

Accepted :
09 Februari 2023

Abstrak: Proses mengudara dan mendarat harus mempertimbangkan arah dan kecepatan angin guna menghindari kejadian yang fatal pada pesawat terbang terutama untuk pesawat berbadan kecil seperti yang dimiliki oleh Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (PPIC). Informasi angin yang cepat, tepat dan akurat dapat menjadi pendukung keputusan bagi pilot maupun ATC untuk menentukan landasan yang aman untuk proses lepas landas maupun tinggal landas. Perubahan arah angin skala regional terjadi secara muson di kebanyakan wilayah di Indonesia berpengaruh terhadap perubahan arah angin permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari arah kebanyakan angin bertiup di Bandar Udara Budiarto menggunakan aplikasi *WindRose* (Mawar Angin). Dengan mengetahui arah angin yang dominan berdasarkan bulan dan musimnya untuk menentukan *runway* yang akan digunakan di Bandar Udara Budiarto. Data arah dan kecepatan angin tiap jam dari Stasiun Meteorologi Budiarto selama periode lima tahun dari Januari 2015 hingga Desember 2019. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa berdasarkan nilai kejadian *headwind* dan *crosswind* selama tahun 2015-2019 penggunaan *Runway 04* baik digunakan pada saat musim hujan dan *Runway 12* pada saat musim kemarau, sedangkan pada musim transisi *Runway* yang paling baik digunakan adalah *Runway 04*. Keputusan penggunaan *runway* tetap diserahkan kepada pihak terkait seperti ATC dan Pilot dengan mempertimbangkan hal hal lain diluar informasi arah dan kecepatan angin.

Kata Kunci: *Pemilihan Runway, Cuaca Penerbangan, Vector Angin, Windrose*

Abstract : *Take off and landing process must consider the direction and speed of the wind in order to avoid fatal incidents on aircraft, especially for small-bodied aircraft such as those owned by the Indonesian Aviation Polytechnic Curug (PPIC). Fast, precise and accurate wind information can be a decision support for pilots and ATC to determine a safe runway for takeoff and takeoff processes. Changes in regional scale wind*

direction occur monsoonally in most areas in Indonesia which affect the change in surface wind direction. This study aims to find the direction of most winds blowing at Budiarto Airport using the WindRose (Mawar Angin) application. By knowing the dominant wind direction based on the month and season to determine the runway to be used at Budiarto Airport. Hourly wind direction and speed data from the Budiarto Meteorological Station for a five-year period from January 2015 to December 2019. From the results of the study, it was concluded that based on the value of headwind and crosswind events during 2015-2019 the use of Runway 04 was good to use during the rainy season and Runway 12 during the dry season, while in the transition season the Runway is best used is Runway 04. The decision to use the runway is still left to the relevant parties such as ATC and the Pilot by considering other things other than information on wind direction and speed

Keyword: Runway Selection, Aviation Weather, Wind Vector, Windrose

Pendahuluan

Keselamatan dalam dunia penerbangan adalah hal pertama yang harus diprioritaskan. Sesuai dengan Undang undang no 1 tahun 2009 bahwa Keselamatan Penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya. Moda transportasi udara adalah moda transportasi yang sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca baik pada saat pesawat tinggal landas (take-off), mengudara (in-flight) maupun pada saat mendarat (landing), Cuaca adalah factor yang terjadi diluar kendali manusia dan seringkali menjadi penyebab kecelakaan pesawat terbang. Karena itu informasi cuaca yang cepat, tepat dan terpercaya menjadi salah satu poin penting penunjang keselamatan dunia penerbangan. Salah satu faktor penunjang keselamatan penerbangan adalah informasi meteorologi

penerbangan yang tepat, akurat, dan handal, terutama tentang kondisi cuaca. Kecelakaan pada pesawat terbang dapat disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu: faktor teknis (kerusakan mesin atau sistem navigasi pada pesawat terbang, faktor kesalahan manusia (human error), yang mencakup keterampilan pilot, psikologi, kejenuhan, dan faktor cuaca. Tulisan ini membahas tentang informasi arah dan kecepatan angin di setiap bulan untuk keputusan pemilihan landasan para siswa penerbang di Pendidikan Penerbangan Indonesia Curug (PPIC). Informasi cuaca mempunyai peranan penting sebagai bahan pertimbangan bagi pembuat keputusan baik sebelum maupun sewaktu penerbangan.

Angin merupakan salah satu unsur cuaca yang sangat diperhitungkan dalam penerbangan, sebab angin yang bertiup dalam penerbangan mempengaruhi keputusan penerbang dalam proses pendaratan (Gede & Putra, 2017). Arah Angin merupakan arah dari

Pemilihan Runway Berdasarkan Arah Angin Tiap Musim Di Bandar Udara Budiarto

mana angin berhembus yang dinyatakan dalam derajat, sedangkan kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dinyatakan dalam satuan knot atau meter per second (Wijayanti, 2015). Profil angin dalam proses *take off* maupun *landing* dapat digolongkan menjadi 3 tergantung dari arah pendaratan pesawatnya (Niswah, 2016), yaitu : *Headwind* atau angin yang bertiup dari depan pesawat (Sariana et al., n.d.), angin dari belakang atau disebut *tailwind* dan *Crosswind* yaitu angin potong yang berhembus dari arah samping badan pesawat (Konstruksi, n.d.). *Head Wind* adalah angin yang cenderung dipilih pada proses *take off* karena dapat meningkatkan daya angkat pesawat (Fatkhuroyan et al., 2018) dan meminimalisasi bahan bakar. Adapun *tailwind* biasanya dihindari oleh para penerbang dikarenakan dapat mengurangi daya angkat pesawat, terkecuali jika pesawat berada dalam kondisi jelajah (*cruising*) maka keberadaan *tailwind* akan sangat menguntungkan karena dapat mendorong pesawat dan dapat menghemat waktu dan bahan bakar (Leroy, n.d.). Sementara kejadian *crosswind* ketika pesawat dalam proses pendaratan dengan perubahan kecepatan angin yang cukup besar dapat menyebabkan pesawat melenceng dari arah landas pacu dan bahkan dapat tergelincir (Taolin et al., 2017).

Selain sebagai informasi yang penting untuk prosesi *takeoff* dan *landing*, arah dan kecepatan angin juga dapat menjadi dasar pembuatan arah

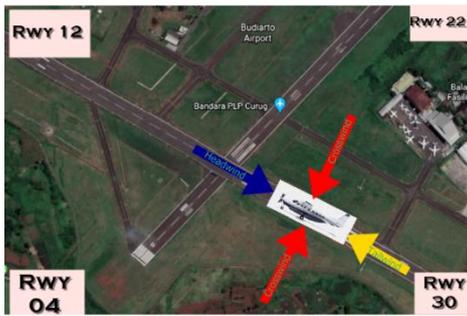
landasan pada suatu bandara yang baru dibangun dengan memperhatikan arah angin yang umumnya bertiup (*Prevailing wind*) pada lokasi yang akan dijadikan bandara (Utami & Surachman, 2019), dimana pembangunan landasan pacu bandara sedapat mungkin dibuat searah dengan arah dominan, demi menghindari kejadian *crosswind*, hal ini berguna dalam keamanan penerbangan yang akan dilakukan dan berdasarkan rekomendasi dari ICAO (International Civil Aviation Organization) (Aviation & Zealand, 2019).

Bandar udara Budiarto memiliki 2 buah *Runway* yang bersilangan, yaitu *Runway 12/30* (120° - 300°) merupakan Landasan pacu dengan permukaan aspal sepanjang 1.821 meter dan *Runway 22/04* (40° - 220°) merupakan landasan pacu dengan permukaan aspal sepanjang 1.602 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cross Runway pada Bandar Udara Budiarto

Ilustrasi kejadian *headwind*, *crosswind* dan *tailwind* di landasan bandara Budiarto ditunjukkan pada Gambar 2 dimana pesawat yang mendarat dengan menggunakan Runway 30, maka panah biru menunjukkan *headwind*, panah merah menunjukkan *crosswind* dan panah kuning menunjukkan *tailwind*.



Gambar 2. Lokasi Penelitian Bandar Udara Budiarto Curug

Mengingat pentingnya pemilihan runway untuk menghindari angin angin yang dapat menimbulkan bahaya bagi pesawat terbang dalam proses takeoff dan landing, maka kita juga harus memperhatikan kebanyakan arah angin bertiup (*prevailing wind*) setiap bulannya yang disebabkan oleh perubahan musim (Utami & Surachman, 2019). Arah angin skala regional berubah berdasarkan musimnya. Indonesia merupakan negara khatulistiwa yang terbentang pada $07^{\circ} 20'$ LU sampai 14° LS dan 92° BT sampai 141° BT dan hanya memiliki 2 musim yaitu musim hujan dan kemarau yang diselingi dengan 2 musim transisi atau pancaroba (Kunci et al., 2002). Musim Hujan ditandai dengan angin yang mayoritas bertiup dari Barat (Baratan) (Giarno et al., 2012b) terjadi pada bulan Desember - Januari - Februari sedangkan musim kemarau ditandai dengan angin yang mayoritas bertiup dari arah Timur (Timuran) (Giarno et al., 2012a) terjadi pada bulan Juni - Juli - Agustus. Diantara kedua musim itu terdapat musim Pancaroba atau transisi, pada musim-musim Peralihan, matahari bergerak melintasi khatulistiwa, sehingga menjadi lemah dan arahnya tidak menentu dimana pola yang

terbentuk menjadi tidak beraturan dimana transisi pertama disebut Muson pancaroba (Kusumaningtyas et al., 2014) awal tahun atau musim transisi basah terjadi pada bulan Maret - April - Mei sedangkan transisi kedua disebut Muson Pancaroba akhir tahun atau transisi kering terjadi pada bulan September - Oktober - November (PERPRES 61, 2015).

Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data pengamatan cuaca di Stasiun Meteorologi Budiarto Tangerang berupa data arah dan kecepatan angin setiap jam selama periode 5 tahun (2015-2019), maka data yang diteliti berjumlah total 45.165 data arah dan kecepatan angin. Data tersebut dibagi menjadi 4 kelompok merujuk kepada musim yang terjadi di Indonesia, yaitu :

- Kelompok 1 (musim hujan) :data bulan Desember - Januari - Februari (DJF),
- Kelompok 2 (musim kemarau) :data bulan Juni - Juli - Agustus (JJA),
- Kelompok 3 (musim transisi I) :data bulan Maret -Mei,
- Kelompok 3 (musim transisi II) :data bulan September - November.

Penelitian dilakukan di Bandar Udara Budiarto pada koordinat geografis $06^{\circ} 17' 46,088''$ Lintang Selatan (LS) dan $106^{\circ} 34' 30,471''$ Bujur Timur (BT), dengan luasan total 360 hektar dimana Bandar udara X = 20.000 meter dan Y ~ 20.000 meter dimana sumbu X berimpit dengan sumbu landas pacu yang mempunyai

Pemilihan Runway Berdasarkan Arah Angin Tiap Musim Di Bandar Udara Budiarto

azimuth $299^{\circ} 44' 48''$ geografis, dan Sumbu Y melalui eksisting ujung landas pacu TH.30 tegak lurus Sumbu X, dengan ketinggian 46 m dari permukaan laut.

METODE DESKRIPTIF ANALISIS

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif analisis. Yaitu suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel sebagaimana adanya tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Unima, 2020).

METODE PENGURAIAN VEKTOR ANGIN

Dari hasil pertemuan *Aerodrome Meteorological Observation and Forecast Study Group* (AMOFSG) 26 sampai 30 September 2011 di Montreal, Kanada (Fadholi, 2013b), algoritma penentuan komponen angin dicari dengan menggunakan arah dan kecepatan angin yang berhembus dan arah landas pacu yang menjadi target pesawat menggunakan metode penguraian vektor angin dalam komponen searah (u) dan berlawanan arah (v) dimana Crosswind dengan kecepatan angin yang memiliki besar lebih dari 7 knot dianggap significant bagi penerbangan (Gede & Putra, 2017). Perhitungan komponen secara sederhana menggunakan persamaan berikut (Fadholi, 2013b):

$$\begin{aligned} &\text{Angin Searah /Headwind} \\ &\rightarrow u = ff \cdot \cos(RW-WD) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Angin Menyilang / Crosswind} \\ &\rightarrow v = ff \cdot \sin(RW-WD) \end{aligned}$$

Keterangan:

u = kecepatan headwind/tailwind (knot), bernilai positif untuk dari belakang dan bernilai negatif untuk dari depan

v = kecepatan crosswind (knot), bernilai positif untuk dari kiri dan bernilai negatif untuk dari kanan

ff = kecepatan (knot)

RW = arah runway

WD = arah

Metode Pengumpulan Data

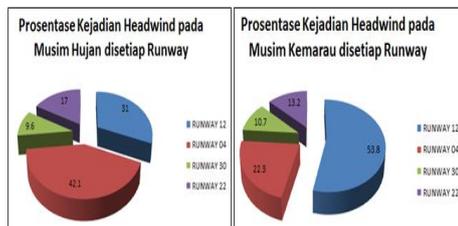
Windrose merupakan sebuah mawar angin yang terdiri atas garis yang memancar dari pusat lingkaran dan menunjukkan arah dari mana angin bertiup (Fadholi, 2013a), pembuatan diagram menggunakan perangkat lunak *WRPLOT View Freeware 8.0.2* yang dapat digunakan untuk menampilkan data arah dan kecepatan angin yang mudah diinterpretasikan (Ceron Bretón et al., 2020). Dalam penelitian ini pemetaan arah angin dalam program *WRPLOT* menjadi 4 arah mata angin agar lebih mudah dilihat variasi arah anginnya.

Penelitian ini dibatasi hanya pada perhitungan angin permukaan mengikuti musim yang ada di Indonesia dan tidak memperhitungkan pengaruh lokal serta adanya fenomena cuaca yang dapat menimbulkan kejadian angin yang berbeda dari hasil penelitian ini.

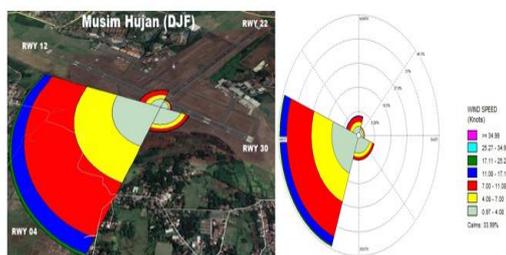
Diskusi

Hasil yang didapat dengan menggunakan perhitungan vektor angin

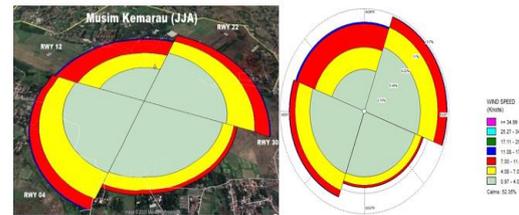
adalah kebanyakan angin berhembus pada musim hujan terjadi dari runway 04 dan pada musim kemarau dari runway 12 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, didukung oleh hasil yang didapat dari aplikasi Windrose pada Gambar 4 dimana terlihat angin bertiup paling banyak dari arah Runway 04. Sedangkan hasil windrose pada musim kemarau pada Gambar 5 menunjukkan arah angin yang hampir sama di semua arah mata angin, tetapi angin dengan kecepatan yang lebih tinggi yang akan lebih berpengaruh terhadap proses *take off* dan *landing* lebih banyak terjadi dari arah Runway 12.



Gambar 3. Prosentase kejadian Headwind di setiap Runway pada musim hujan dan musim kemarau

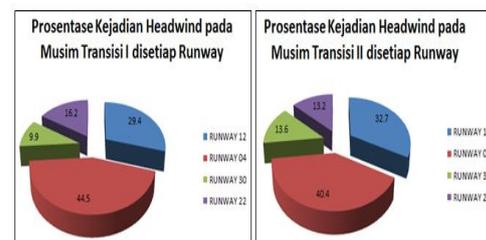


Gambar 4. Windrose pada Musim Hujan (Desember - Januari - Februari)



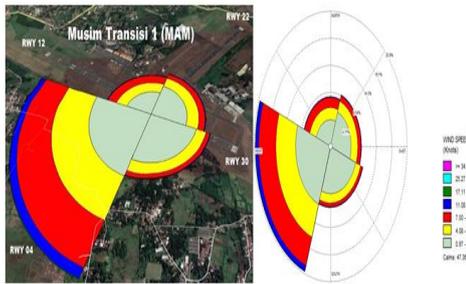
Gambar 5. Windrose pada Musim Kemarau (Juni - Juli - Agustus)

Pada bulan bulan transisi yaitu bulan Maret - April - Mei (transisi I) dan bulan September - Oktober - November (Transisi II) pada perhitungan vektor angin yang memperlihatkan kejadian Headwind menunjukkan hasil yang relatif sama yaitu Headwind dominan terjadi pada Runway 04 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Aplikasi windrose untuk kejadian headwind di bulan bulan transisi I (Maret - April - Mei) pada Gambar 7 maupun transisi II (September - Oktober - November) pada Gambar 8, memperlihatkan hasil yang hampir serupa yaitu kejadian headwind didominasi oleh angin dari Runway 04.

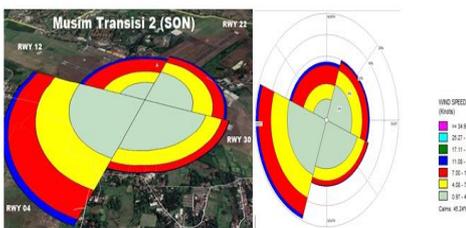


Gambar 6. Prosentase kejadian Headwind di setiap Runway pada musim transisi I dan II

Pemilihan Runway Berdasarkan Arah Angin Tiap Musim Di Bandar Udara Budiarto

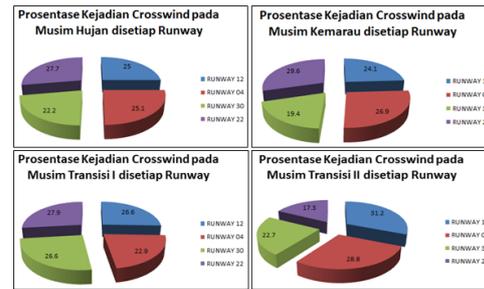


Gambar 7. Windrose pada Musim Transisi I (Maret - April - Mei)



Gambar 8. Windrose pada Musim Transisi II (September - Oktober - Desember)

Gambar 9 menunjukkan persentase kejadian crosswind yang relatif kecil di sepanjang tahun, memperlihatkan bahwa crosswind di Bandara Budiarto tidak terlalu berpengaruh terhadap proses *take off* dan *landing* di bandara tersebut kecuali bila terdapat fenomena cuaca yang significant seperti misalnya terdapat awan Cumulonimbus yang berpotensi menghasilkan angin angin kencang.



Gambar 9. Prosentase kejadian Crosswind di setiap Runway pada musim transisi I dan II

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian untuk menentukan kejadian arah angin yang berpotensi menimbulkan bahaya untuk proses *take off* dan *landing* dengan menggunakan metode perhitungan vektor angin dan perangkat lunak *WRPLOT View Freeware 8.0.2* sebagai pendukung keputusan pemilihan runway di Bandara Budiarto, disimpulkan bahwa:

1. Pada musim hujan, yaitu bulan Desember - Januari - Februari potensi kejadian headwind atau angin dari depan terbanyak terdapat pada runway 04 dengan persentase 42 % dengan menggunakan perhitungan vektor angin. Hasil tersebut sesuai dengan pengolahan data angin menggunakan aplikasi *WRPLOT View Freeware 8.0.2* yang menunjukkan dominasi angin dari arah runway 04. Kesimpulan yang didapat adalah pada musim musim hujan runway terbaik untuk digunakan mengikuti kejadian Headwind adalah Runway 04.

2. Pada musim kemarau, yaitu bulan Juni - Juli - Agustus perhitungan menggunakan *WRPLOT View Freeware 8.0.2* menghasilkan grafik yang seragam dan frekuensi kejadian headwind yang hampir sama di setiap runway. Karena itu penulis memfokuskan penelitian pada frekuensi kecepatan angin di atas 7 knot yang dari hasil windrose tersebut terbanyak terjadi dari arah Runway 12. Hasil tersebut mendukung hasil perhitungan vektor angin pada musim kemarau yang menyatakan kejadian headwind terbanyak adalah pada Runway 12 sebanyak 53.8 %. Kesimpulan yang didapat adalah pada musim kemarau runway terbaik untuk digunakan mengikuti kejadian Headwind adalah Runway 12.
3. Pada musim transisi yaitu bulan Maret - April - Mei (transisi I) maupun bulan September - Oktober - November (Transisi II) perhitungan vektor angin menunjukkan hasil yang serupa dimana kejadian headwind di kedua musim tersebut menunjukkan hasil 44.5 % dan 40.4 % dari Runway 04. Kesimpulan yang didapat adalah pada musim transisi I maupun transisi II runway terbaik untuk digunakan mengikuti kejadian Headwind adalah Runway 04.
4. Persentase kejadian Crosswind di semua musim tidak menunjukkan nilai yang significant untuk runway tertentu dimana tidak ada kejadian crosswind yang dominan. Nilai Frekuensi kejadian crosswind di semua Runway bernilai relatif kecil yaitu antara 17.5 % sampai dengan

31.2 %. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Crosswind tidak terlalu berpengaruh di Bandara Budiarto di setiap musim, kecuali bilamana ada fenomena khusus.

5. Penelitian ini ditujukan sebagai pembantu pengambilan keputusan untuk pemilihan runway di bandara Budiarto bagi pihak terkait seperti ATC dan penerbang.

Daftar Pustaka

- Aviation, C., & Zealand, N. (2019). *Part 91. May*.
- Cerón Bretón, J. G., Cerón Bretón, R. M., Martínez Morales, S., Kahl, J. D. W., Guarnaccia, C., Lara Severino, R. del C., Rangel Marrón, M., Ramírez Lara, E., Espinosa Fuentes, M. de la L., & Uc Chi, M. P. (2020). Health risk assessment of the levels of BTEX in ambient air of one urban site located in Leon, Guanajuato, Mexico during two climatic seasons. *Atmosphere, 11*(2), 165.
- Fadholi, A. (2013a). Analisis Data Arah Dan Kecepatan Angin Landas Pacu (Runway) Menggunakan Aplikasi Windrose Plot (Wrplot). *Analisa Data Arah Dan Kecepatan Angin, 9*(September), 84–91.
- Fadholi, A. (2013b). Analisis Komponen Angin Landas Pacu (Runway) Bandara Depati Amir Pangkalpinang. *Statistika, 13*(2), 45–53.
- Fatkhuroyan, F., Wati, T., & Kamid, A. (2018). Karakteristik Angin dan Temperatur Disekitar Calon Bandara Kulon Progo Untuk Keperluan Take Off dan Landing

Pemilihan Runway Berdasarkan Arah Angin Tiap Musim Di Bandar Udara Budiarto

- Pesawat. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, 7, SNF2018-PA.
- Gede, I. D., & Putra, A. (2017). *KEJADIAN CROSSWIND DI LANDASAN PACU BANDARA SUPADIO PONTIANAK TAHUN 2016*. 390–394.
- Giarno, G., Dupe, Z. L., & Mustofa, M. A. (2012a). Kajian Awal Musim Hujan dan Awal Musim Kemarau di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(1).
- Giarno, G., Dupe, Z. L., & Mustofa, M. A. (2012b). Kajian Awal Musim Hujan Dan Awal Musim Kemarau Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.31172/jmg.v13i1.113>
- Konstruksi, M. (n.d.). *EVALUASI PANJANG DAN ARAH LANDAS PACU DI BANDAR UDARA SULTAN MUHAMMAD KAHARUDDIN SUMBAWA*.
- Kunci, K., Gino, S. T., & Pendahuluan, I. (2002). *SELAMA KEGIATAN TMC REDISTRIBUSI CURAH HUJAN*. 5–10.
- Kusumaningtyas, M. A., Bramawanto, R., Daulat, A., & Pranowo, W. S. (2014). Kualitas perairan Natuna pada musim transisi. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 3(1).
- Leroy, M. (n.d.). *P2 (42) : Crosswind and tailwind for aeronautical purpose : how to calculate them ?* 2(42).
- Niswah, R. R. (2016). *Evaluasi ketersediaan ruang udara dalam kaitannya dengan keselamatan operasional penerbangan di Bandara Husein Sastranegara*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- PERPRES 61. (2015). *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. In *Bmkg* (Vol. 2, Issue 2).
- Sariana, S., Jumarang, M. I., & Adriat, R. (n.d.). Kajian Pola Angin Permukaan di Bandara Supadio Pontianak. *PRISMA FISIKA*, 6(2), 108–116.
- Taolin, R. I. C. O., Impron, I., Hidayati, R., & Budianto, B. (2017). Profil Cuaca dan Parameter Nisbah Bowen di Areal Persawahan Kabupaten Indramayu Saat Periode Kering Musim Tanam II. *Savana Cendana*, 2(01), 15–18. <https://doi.org/10.32938/sc.v2i01.80>
- Unima, F. F. (2020). *Analisis Data Angin Permukaan Di Bandara Sam. 1*.
- Utami, A. R., & Surachman, L. (2019). *Evaluasi Azimuth Landasan Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara Dengan Metode Wind Rose Azimuth Evaluation of Runway of Husein Sastranegara International Airport Using Wind Rose Method*. *September*, 10–14.
- Wijayanti, D. (2015). Rancang bangun alat ukur kecepatan dan arah angin berbasis arduino uno atmega 328p. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).