



Analisis Arah dan Kecepatan Angin Permukaan Menggunakan Digaram Wind Rose di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

Analysis of Surface Wind Direction and Speed Using the Wind Rose Diagram at Sultan Hasanuddin International Airport

Adi Prasetiyo

Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Jalan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin, Baji Mangngai, Mandai, Maros, Sulawesi Selatan, 90552

*Email: adi.prasetiyo@bmkg.go.id

Naskah Masuk: 9 Oktober 2024 / Naskah Diterima: 9 Desember 2024 / Naskah Terbit: 31 Desember 2024

Abstrak. Bandara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan salah satu bandara yang terletak diantara perbukitan dan dataran rendah sehingga dengan kondisi tersebut pergerakan angin di bandara tersebut sangat beragam. Dalam kegiatan operasional penerbangan, angin terbagi dalam 3 jenis yaitu *headwind*, *tailwind*, dan *crosswind*, namun yang membahayakan bagi penerbangan adalah *tailwind* dan *crosswind* dengan kecepatan diatas 10 knot. Untuk mewujudkan keselamatan penerbangan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin diperlukan pemahaman tentang pola arah dan kecepatan angin permukaan yang dianalisis dengan menggunakan diagram *windrose*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data arah dan kecepatan angin permukaan dari tahun 2014 – 2023 yang didapatkan dari METAR (*Meteorological Aerodrome Report*) Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin. Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan, arah angin yang dominan dari tahun 2014 – 2023 di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin adalah timur (67.5° – 112.5°) serta jangkauan kecepatan angin tertinggi pada tahun 2014 – 2023 di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin sebesar ≥ 21.58 knot. Pada arah angin yang bersilangan atau searah dengan *runway 03 – 21* dan *runway 13 – 31* masih ditemukan adanya kecepatan angin lebih dari 10 knot sehingga dengan kondisi tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* atau *tailwind* yang membahayakan pesawat.

Kata Kunci: Angin, *Windrose*, *Headwind*, *Tailwind*, *Crosswind*

Abstract. Sultan Hasanuddin International Airport is situated among hills and lowlands, resulting in highly variable wind patterns. In aviation operations, winds are categorized into three types: *headwind*, *tailwind*, and *crosswind*. The most hazardous for flight operations are tailwinds and crosswinds exceeding 10 knots. To ensure flight safety at Sultan Hasanuddin International Airport, it is essential to understand the patterns of wind direction and speed, which can be analyzed using a wind rose diagram. The data used in this study includes wind direction and speed measurements from 2014 to 2023 obtained from METAR (*Meteorological Aerodrome Report*) at the Sultan Hasanuddin Class I Meteorological Station. The results indicate that the dominant wind direction from 2014 to 2023 at Sultan Hasanuddin International Airport is from the east (67.5° – 112.5°), with the highest wind speed recorded during this period being ≥ 21.58 knots. Crosswind or aligned wind conditions with runways 03 – 21 and 13 – 31 still show wind speeds exceeding 10 knots, which poses a potential hazard of crosswinds or tailwinds for aircraft.

Keywords: Wind, *Windrose*, *Headwind*, *Tailwind*, *Crosswind*

Pendahuluan

Bandara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan salah satu bandara terbesar di Indonesia yang melayani penerbangan domestik dan internasional serta menjadi pintu gerbang menuju ke wilayah Indonesia bagian timur. Bandara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan salah satu bandara yang unik di Indonesia, dimana bandara ini memiliki 2 *runway* (*runway* 03 – 21 dan *runway* 13 – 31) yang hampir tegak lurus^[1]. Topografi di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin sangat beragam dimana bandara ini terletak diantara perbukitan dan dataran rendah yang dekat dengan Selat Makassar sehingga pergerakan angin di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin sangat beragam^[2]. Dalam kegiatan operasional penerbangan, angin yang memiliki pengaruh signifikan dalam dunia penerbangan terbagi dalam 3 jenis, yaitu *headwind*, *tailwind*, dan *crosswind*^[3].

Headwind adalah jenis angin yang berhembus berlawanan arah dengan arah penerbangan pesawat^[4]. Saat pesawat terbang melawan *headwind*, kecepatan relatifnya terhadap tanah cenderung menurun meskipun mesin pesawat beroperasi pada kekuatan penuh. *Headwind* juga memberikan keuntungan saat pesawat lepas landas atau saat melakukan pendaratan. Saat lepas landas, *headwind* membantu pesawat mencapai kecepatan *lift* yang lebih cepat sehingga memperpendek jarak yang diperlukan untuk terbang^[5]. Hal ini sangat penting terutama di bandara dengan *runway* yang lebih pendek. Saat mendarat, *headwind* bekerja untuk memperlambat pesawat sehingga meningkatkan kontrol dan stabilitas pesawat selama proses pendaratan.

Tailwind adalah angin yang berhembus searah dengan arah penerbangan pesawat^[4]. Ketika pesawat terbang dengan *tailwind*, kecepatan relatifnya terhadap tanah cenderung meningkat yang dapat mengurangi waktu perjalanan dan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Hal ini menjadi keuntungan bagi maskapai penerbangan karena dapat mengurangi biaya operasional dan dapat meningkatkan jadwal penerbangan. Secara umum *tailwind* dengan kecepatan lebih dari 10 knot dapat memberikan kerugian saat pesawat lepas landas atau saat mendarat^[6]. Saat lepas landas, *tailwind* dapat memperpanjang jarak yang diperlukan pesawat untuk bisa terbang sehingga menjadi tantangan terutama di bandara dengan *runway* yang pendek. Saat mendarat, *tailwind* dapat mempercepat pesawat yang berpotensi mempersulit pendaratan akibat kurangnya kontrol pilot terhadap pesawat.

Crosswind adalah angin yang berhembus dari samping yang relatif terhadap arah penerbangan pesawat^[4]. Keberadaan *crosswind* dapat mempengaruhi penerbangan dengan cara yang signifikan, terutama selama fase lepas landas dan pendaratan. Ketika pesawat lepas landas dalam kondisi *crosswind*, pilot harus mengatasi dorongan lateral yang dapat menyebabkan kesulitan dalam menjaga jalur penerbangan yang diinginkan. Hal ini menuntut keterampilan dan pengalaman pilot untuk melakukan teknik pengendalian yang tepat seperti teknik *crabbing* dimana pesawat sedikit dimiringkan ke arah angin agar tetap dalam jalur yang tepat^[7]. *Crosswind* dengan kecepatan lebih dari 10 knot dapat memperpanjang jarak yang diperlukan untuk mendarat dan mengurangi kemampuan pesawat untuk berhenti dengan cepat di *runway*^[8]. Selain itu, *crosswind* juga dapat menyebabkan turbulensi yang mempengaruhi kenyamanan penumpang dan stabilitas pesawat.

Angin permukaan di bandara secara umum diukur dengan menggunakan anemometer atau *windsock* untuk menghasilkan data arah dan kecepatan angin^[4]. Data arah dan kecepatan angin dengan frekuensi yang panjang sangat diperlukan untuk perencanaan penerbangan demi menjamin efisiensi serta keselamatan penerbangan. Untuk memudahkan dalam menganalisa data arah dan kecepatan angin dengan frekuensi yang panjang, diagram *wind rose* merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan. Diagram *wind rose* adalah alat grafis yang digunakan untuk menggambarkan pola arah dan kecepatan angin di suatu lokasi selama periode waktu tertentu^[4]. Dalam bentuk lingkaran, diagram ini terbagi menjadi bagian – bagian yang mewakili arah dari mana angin berhembus seperti utara, timur, selatan, dan barat, serta arah antara. Panjang dan lebar pada suatu bagian menunjukkan frekuensi kejadian angin dari arah tersebut, dimana sektor yang lebih panjang menandakan bahwa angin lebih sering berhembus

dari arah tersebut. Beberapa diagram *wind rose* juga menampilkan kecepatan angin dengan menggunakan warna atau pola yang berbeda untuk mengindikasikan kategori kecepatan tertentu.

Minimnya penelitian yang menganalisis arah dan kecepatan angin permukaan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin dengan menggunakan diagram *wind rose* membuat penelitian ini menarik untuk dilakukan. Penelitian sebelumnya yang menganalisis arah dan kecepatan angin permukaan dengan menggunakan diagram *wind rose* pernah dilakukan di Bandara Budiarto^[9], Bandara Depati Amir^[10], dan Bandara Internasional Juwata^[8]. Hasil yang didapatkan dari penelitian sebelumnya didominasi oleh arah angin *calm* (arah dimana angin memiliki kecepatan kurang dari 1 knot) serta kecepatan angin dibawah 10 knot, namun dari 3 bandara tersebut masih ditemukan adanya arah dan kecepatan angin yang memicu *tailwind* dan *crosswind* yang dapat membahayakan kegiatan operasional penerbangan di 3 bandara tersebut.

Berdasarkan pemahaman yang telah dijelaskan, penulis tertarik untuk menganalisis arah dan kecepatan angin permukaan menggunakan diagram *wind rose* di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami pola arah dan kecepatan angin permukaan demi terwujudnya keselamatan penerbangan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin. Data arah dan kecepatan angin permukaan yang dianalisis pada penelitian ini adalah data pada tahun 2014 – 2023 (10 tahun). Data 10 tahun tersebut dapat dikategorikan data yang cukup panjang sehingga pola arah dan kecepatan angin permukaan dapat diidentifikasi dengan jelas serta memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap perencanaan penerbangan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

Metode Penelitian

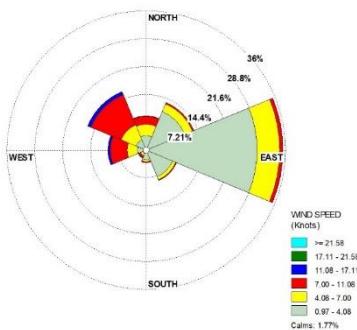
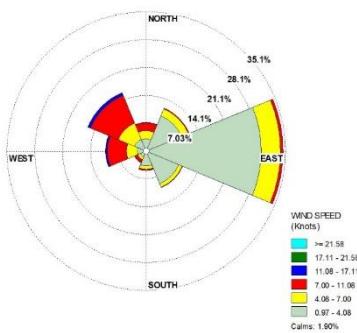
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif. Penelitian kuantitatif deskriptif adalah pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis karakteristik suatu fenomena dengan menggunakan data numerik. Lokasi yang diambil dalam penelitian ini adalah Bandara Internasional Sultan Hasanuddin, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data arah dan kecepatan angin permukaan dari pelaporan METAR (*Meteorological Aerodrome Report*) Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin dari tahun 2014 – 2023. Setelah data arah dan kecepatan angin permukaan tahun 2014 – 2023 terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengolah data arah dan kecepatan angin permukaan dengan menggunakan aplikasi WRPLOT (*Wind Rose Plots For Meteorological Data*) untuk menghasilkan *windrose* bulanan^[11]. Pada *windrose* yang telah didapatkan, akan berisi informasi arah angin yang meliputi utara ($337.5^\circ - 22.5^\circ$), timur laut ($22.5^\circ - 67.5^\circ$), timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$), tenggara ($112.5^\circ - 157.5^\circ$), selatan ($157.5^\circ - 202.5^\circ$), barat daya ($202.5^\circ - 247.5^\circ$), barat ($247.5^\circ - 292.5^\circ$), dan barat laut ($292.5^\circ - 337.5^\circ$). Selain arah angin, pada *windrose* yang telah didapatkan akan menghasilkan kecepatan angin dalam jangkauan tertentu.

Hasil dan Pembahasan

Bulan Januari

Pada bulan Januari 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 35.313% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Januari 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.043%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.883%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin^[4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.128%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin^[4].

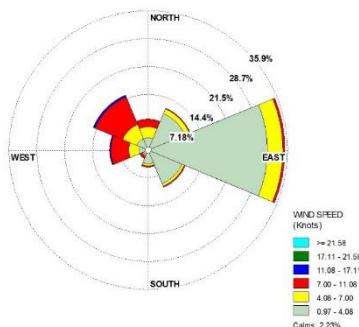


**Gambar 1.** Windrose Januari 2014 – 2023**Bulan Februari****Gambar 2.** Windrose Februari 2014 – 2023

Pada bulan Februari 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 34.472% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Februari 2014 – 2023 didapatkan sebesar ≥ 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.016%. Pada arah angin barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.733%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.094%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].

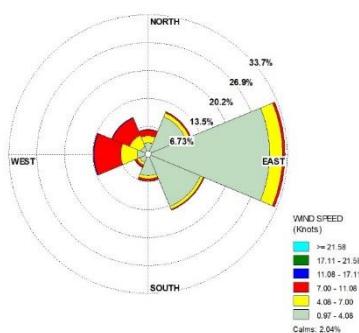
Bulan Maret

Pada bulan Maret 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 35.161% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Maret 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.014%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.535%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.058%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].



Gambar 3. Windrose Maret 2014 – 2023

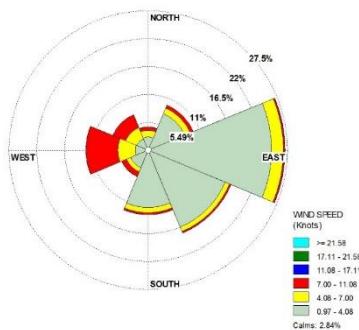
Bulan April



Gambar 4. Windrose April 2014 – 2023

Pada bulan April 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 32.983% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan April 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.015%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.198%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin^[4]. Pada arah angin timur laut dan barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.107%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin^[4].

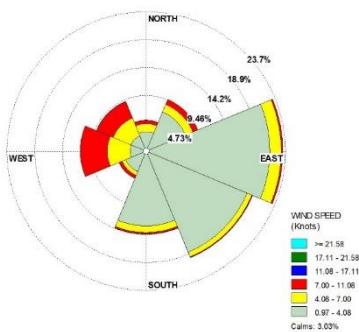
Bulan Mei



Gambar 5. Windrose Mei 2014 – 2023

Pada bulan Mei 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 32.983% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Mei 2014 – 2023 didapatkan sebesar 11.08 – 17.11 knot dengan presentase sebesar 0.194%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.03%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin ^[4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.03%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin ^[4].

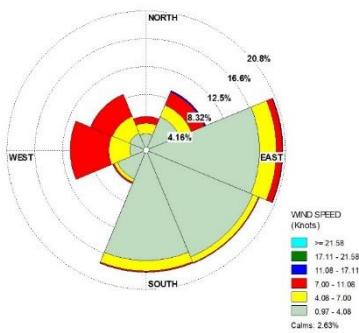
Bulan Juni



Gambar 6. Windrose Juni 2014 – 2023

Pada bulan Juni 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 23.157% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Juni 2014 – 2023 didapatkan sebesar ≥ 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.015%. Pada arah angin barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.046%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin ^[4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.015%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin ^[4].

Bulan Juli

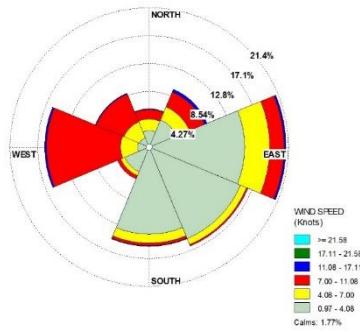


Gambar 7. Windrose Juli 2014 – 2023

Pada bulan Juli 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 20.381% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Juli 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.015%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.03%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin ^[4]. Pada arah angin timur laut dan barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.242%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin ^[4].

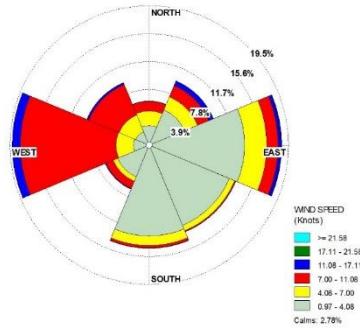
Bulan Agustus

Pada bulan Agustus 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur ($67.5^\circ - 112.5^\circ$) dengan presentase sebesar 20.919% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Agustus 2014 – 2023 didapatkan sebesar 11.08 – 17.11 knot dengan presentase sebesar 1.334%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.13%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin ^[4]. Pada arah angin timur laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.435%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin ^[4].



Gambar 8. Windrose Agustus 2014 – 2023

Bulan September



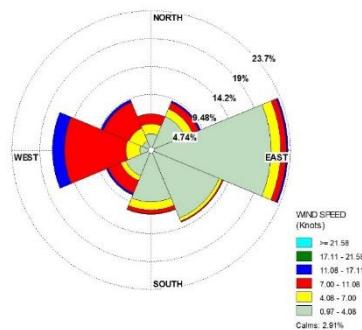
Gambar 9. Windrose September 2014 – 2023

Pada bulan September 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari barat ($247.5^\circ - 292.5^\circ$) dengan presentase sebesar 19.13% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan September

2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan persentase sebesar 0.076%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.302%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin timur laut dan barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.801%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].

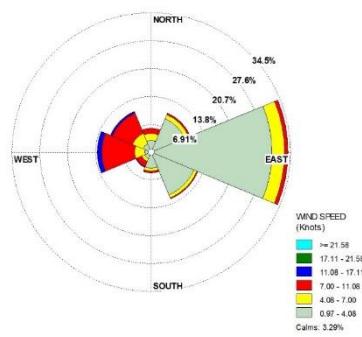
Bulan Oktober

Pada bulan Oktober 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur (67.5° – 112.5°) dengan persentase sebesar 23.2323% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Oktober 2014 – 2023 didapatkan sebesar ≥ 21.58 knot dengan persentase sebesar 0.014%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.476%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin timur laut dan barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.649%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].



Gambar 10. Windrose Oktober 2014 – 2023

Bulan November



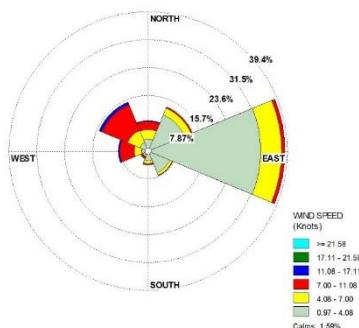
Gambar 11. Windrose November 2014 – 2023

Pada bulan November 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur (67.5° – 112.5°) dengan persentase sebesar 33.865% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan November 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17.11 – 21.58 knot dengan persentase sebesar 0.015%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase



sebesar 0.507%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin timur laut dan barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.238%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].

Bulan Desember



Gambar 12. Windrose Desember 2014 – 2023

Pada bulan Desember 2014 – 2023, didapatkan arah angin dominan dari timur (67.5° – 112.5°) dengan presentase sebesar 38.5449% sedangkan untuk jangkauan kecepatan angin tertinggi pada bulan Desember 2014 – 2023 didapatkan sebesar 17,11 – 21.58 knot dengan presentase sebesar 0.056%. Pada arah angin tenggara dan barat laut didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.816%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 03 – 21 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 13 – 31 searah dengan arah angin [4]. Pada arah angin barat daya didapatkan kecepatan angin lebih dari 10 knot dengan persentase sebesar 0.084%. Dengan kondisi angin tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* yang membahayakan pesawat jika menggunakan *runway* 13 – 31 serta berpotensi menghasilkan *tailwind* yang membahayakan pesawat jika penggunaan *runway* 03 – 21 searah dengan arah angin [4].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, arah angin yang dominan dari tahun 2014 – 2023 di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin adalah timur (67.5° – 112.5°) serta jangkauan kecepatan angin tertinggi pada tahun 2014 – 2023 di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin sebesar ≥ 21.58 knot. Pada arah angin yang bersilangan atau searah dengan *runway* 03 – 21 dan *runway* 13 – 31 masih ditemukan adanya kecepatan angin lebih dari 10 knot sehingga dengan kondisi tersebut berpotensi menghasilkan *crosswind* atau *tailwind* yang membahayakan pesawat.

Ucapan Terimakasih

Penulis berterima kasih kepada Rekan – Rekan dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin yang telah menyiapkan data – data yang digunakan Penulis dalam mengerjakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, “Bandar Udara: SULTAN HASANUDDIN.” Diakses: 8 Oktober 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://hubud.dephub.go.id/hubud/website/bandara/226>

- [2] M. C. Soemarno, M. Arsyad, S. Subaer, dan A. Prasetyo, “Analisis Hujan Ekstrem di Wilayah Makassar Periode 2017-2021,” *JFU*, vol. 11, no. 4, hlm. 542–547, Okt 2022, doi: 10.25077/jfu.11.4.542-547.2022.
- [3] International Civil Aviation, *Meteorological Service for International Air Navigation*. Canada: International Civil Aviation, 2010. Diakses: 9 Oktober 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-lookup/doi/10.1063/5.0210472>
- [4] M. Allaby, *Encyclopedia of Weather and Climate*, Rev. ed. dalam Facts on File science library. New York: Facts on File, 2007.
- [5] K. F. Nugraha Isnoor dan M. A. Firmantari, “Analisis Persentase Komponen Angin Pada Landasan Pacu Bandara Internasional Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang,” *JIIF*, vol. 8, no. 1, hlm. 36–44, Feb 2024, doi: 10.24198/jiif.v8i1.43730.
- [6] G. W. H. Van Es dan A. K. Karwal, *Safety aspects of tailwind operations*. Amsterdam: Nationaal Lucht-en Ruimtevaartlaboratorium, 2001.
- [7] Aviation Safety, “Crosswind Considerations.” Diakses: 8 Oktober 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.aviationsafetymagazine.com/features/crosswind-considerations/>
- [8] I. B. Gede Yamuna 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, hlm. 45–56, Jun 2024, doi: 10.37905/euler.v12i1.25271.
- [9] M. A. N. Alfaridzi, I. Endrawijaya, dan A. N. W., “Analisis Data Angin Permukaan Di Bandar Udara Budiarto Dengan Menggunakan Metode Wind Rose Untuk Meningkatkan Keselamatan Terbang Taruna,” *energy*, vol. 13, no. 1, hlm. 28–43, Jul 2023, doi: 10.51747/energy.v13i1.1442.
- [10] D. Septika, A. Fatikasari, dan T. Kusmita, “Analisis Data Angin Permukaan di Bandara Udara Depati Amir Pangkalpinang Menggunakan Metode Windrose,” *JRFI*, vol. 4, no. 1, hlm. 30–36, Des 2023, doi: 10.33019/jrfi.v4i1.4698.
- [11] Lakes Software, “WRPLOT View.” Diakses: 8 Oktober 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/>