

Analisis Kondisi Angin Menggunakan Diagram Windrose Sebagai Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang

^{(1)*}Ratni Sirait, ⁽²⁾Lailatul Husna Lubis, ⁽³⁾Tasya Noveni

^(1,2,3)Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Jl. Lapangan Golf No.120, Medan, Indonesia

*Email: lailatulhusnalubis@uinsu.ac.id

Diterima: 10.03.2023, Disetujui: 21.10.2023, Diterbitkan: 26.10.2023

ABSTRACT

Indonesia's energy needs are increasing in line with population growth, economic growth, and people's energy consumption patterns. This causes the fossil energy sources in Indonesia to continue to run low. So alternative energy is needed in the form of new and renewable energy. An analysis of surface wind patterns has been carried out in Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency. This study aims to determine the conditions of wind speed and direction in Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency, as a basis for knowing the potential of wind energy in the region. Diagram analysis uses the windrose method using the WRPLOTS application. The wind condition data used is daily wind direction and speed data from January 1, 2013, through December 31, 2021, based on the online BMKG database. From the results of the analysis using the windrose method, it is found that the dominant wind direction blows from the north, which occurs in January, February, March, April, November, and December. The average wind speed ranges from 2.1 to 3.6 m/s, which is relatively low when used as an alternative energy source.

Keywords: Wind, Energy, Windrose

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi masyarakat. Hal ini menyebabkan sumber energi fosil di Indonesia terus menipis. Sehingga dibutuhkan energi alternatif dalam bentuk energi baru dan terbarukan. Telah dilakukan analisis pola angin permukaan di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kecepatan dan arah angin di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang sebagai dasar dalam mengetahui potensi energi angin di wilayah tersebut. Analisis diagram menggunakan metode windrose dengan menggunakan aplikasi WRPLOTS. Data keadaan angin yang digunakan merupakan data arah dan kecepatan angin harian dari 01 Januari 2013-31 Desember 2021 berdasarkan database BMKG online. Dari hasil analisis menggunakan metode windrose diperoleh bahwa arah angin dominan berhembus berasal dari Utara yang terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, April, November dan Desember. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 2,1-3,6 m/s, dimana kecepatan angin ini relatif rendah jika digunakan sebagai sumber energi alternatif.

Kata Kunci: Angin, Windrose, Energi

I. Pendahuluan

Wilayah Kabupaten Deli Serdang terletak pada kawasan pantai timur Sumatera Utara yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka dan memiliki iklim Tropis. (Badan Pusat Statistik, 2019). Seiring perkembangan zaman, kebutuhan listrik di daerah tersebut terus meningkat. Pola peningkatan tersebut dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi masyarakat yang belum mempertimbangkan penghematan pemakaian energi. (Tharo, Hamdani, & Andriana, 2019).

Sumber daya energi yang paling banyak digunakan saat ini adalah sumber energi fosil. Sehingga pengembangan energi alternatif untuk saat ini harus ditingkatkan. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi untuk lebih dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. (Syihab, Sasmono, & Paharti, 2022). Energi angin merupakan energi yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar di negara yang memiliki iklim tropis (Rachmat & Garniwa, 2022).

Salah satu energi terbarukan saat ini yang dapat dimanfaatkan saat ini adalah energi angin. Angin sebagai sumber energi terbarukan, tidak menimbulkan polusi udara. (Tulong, Kolibu, Pasau, & Suoth, 2021). Setiap tahun, di daratan bumi sekitar 1,7 juta TWh energi dihasilkan dalam bentuk angin. Di seluruh dunia secara keseluruhan angkanya jauh lebih tinggi. Namun, hanya sebagian kecil dari energi angin yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi yang bermanfaat dan berguna (B., Dewi, Nurhani, & M., 2022).

Angin merupakan sumber energi yang besar yang tidak akan pernah habis, selain itu angin dalam pemanfaatannya sangat berpotensi sebagai pembangkit listrik ataupun sumber energi untuk daya listrik yang dibutuhkan sesuai dengan yang diperlukan sehingga tidak terbuang begitu saja (Budi, Danial, & Lubis, 2022). Secara teori angin merupakan besaran vektor yang memiliki arah dan kecepatan. Munculnya angin dikarenakan jika sewaktu-waktu terdapat perbedaan tekanan secara horizontal, akan menimbulkan pergerakan udara yang besar dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Arah angin adalah arah dimana angin bertiup yang dinyatakan dalam satuan derajat. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan angin antara lain adalah lokasi dimana kecepatan angin. Semakin tinggi suatu tempat maka semakin kuat angin bertiup, hal ini disebabkan gaya gesek yang menahan kecepatan udara (Winaktu & Ingsih, 2022). Di daerah khatulistiwa, udaranya dapat menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin, udaranya yaitu menjadi dingin dan turun ke bawah sehingga terjadi suatu perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa dan menyusuri bumi (Johar, 2018).

Salah satu metode untuk melakukan menganalisis kondisi arah dan kecepatan angin adalah dengan menggunakan metode windrose (Pramono, Sutaryani, Qothurunada, & WD, 2022). Diagram angin merupakan salah satu metode untuk mempresentasikan kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan. Gambar mawar angin terdapat garis-garis radial arah angin dan tiap lingkaran menunjukkan presentasi kejadian angin dalam periode waktu pengukuran (Qothurunada, Satria, & Putra,

2022). Windrose menggambarkan frekuensi kejadian angin pada tiap arah mata angin dan kelas kecepatan angin di lokasi dan waktu tertentu selain itu dapat menampilkan grafik dari kecenderungan arah pada pergerakan angin di suatu wilayah (Herlambang, et al., 2020). Windrose menggunakan sistem koordinat kutub *gridding*, frekuensi angin selama periode tertentu oleh arah angin, dengan pita warna yang menunjukkan arah angin dengan frekuensi terbesar (Bembuaian & Samaila, 2022).

Analisis kondisi angin di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang menggunakan aplikasi WRPLOTS. Dalam penelitian ini, digunakan data harian arah dan kecepatan angin mulai dari 01 Januari 2013- 31 Desember 2021 pada database BMKG online dengan Titik koordinat 3°62'11,4" LU dan 98°71'48,5" BT.

II. Bahan dan Metode

1. Pengumpulan Data

Data arah dan kecepatan angin di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang dari 01 Januari 2013-31 Desember 2021 yang diperoleh berdasarkan database BMKG online <https://dataonline.bmkg.go.id>.

2. Pengolahan Data

Data angin pertama diolah menggunakan Microsoft Excel kemudian dikonversi ke dalam format .sam untuk diolah dalam aplikasi WRplot. Diagram windrose yang dibuat dalam penelitian ini dibagi ke dalam periode bulanan untuk mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin setiap bulannya.

Data arah dan kecepatan angin harian yaitu diolah dengan cara mengklasifikasikan arah menjadi delapan arah mata angin yaitu Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut. Sedangkan kecepatan arah anginnya diklasifikasikan ke dalam enam kelas yaitu 0,50–2,10 m/s, 2,10–3,60 m/s, 3,60–5,70 m/s, 5,70–8,80 m/s, 8,80–11,10 m/s, dan lebih dari atau sama dengan 11,10 m/s.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Data

Data angin yang digunakan adalah data arah dan kecepatan angin pada tanggal 01 Januari 2013-31 Desember 2021. Data disajikan dalam bentuk data harian dan kemudian dihitung rata-rata per bulan. Potensi

kecepatan angin dimulai dengan merata-ratakan data bulanan sepanjang tahun untuk mendapatkan gambaran arah dan kecepatan angin. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan kecepatan angin rata-rata, maksimum, minimum setiap bulannya.

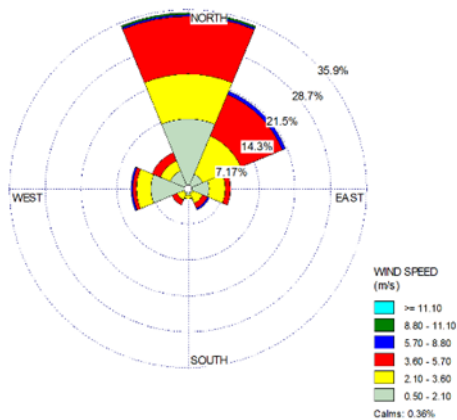
Tabel 1. Data Kecepatan Angin

No	Bulan	V Rata-rata (m/s)	V Maksimum (m/s)	V Minimum (m/s)
1	Januari	3.03	9.00	0.00
2	Februari	3.36	8.00	1.00
3	Maret	3.20	8.00	0.00
4	April	3.26	8.00	0.00
5	Mei	3.01	6.00	0,00
6	Juni	3.12	11.00	0.00
7	Juli	3.28	13.00	0.00
8	Agustus	3.29	13.00	0.00
9	September	3.14	8.00	0.00
10	Oktober	3.08	10.00	0.00
11	November	3.06	8.00	0.00
12	Desember	3.17	8.00	0.00

Kecepatan angin maksimum yang terjadi adalah pada bulan Februari sebesar 3,36 m/s dan nilai rata-rata kecepatan angin minimum yang terjadi adalah pada bulan Mei sebesar 3,01 m/s. Selanjutnya nilai kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Juli dan Agustus dengan kecepatan 13,00 m/s dan nilai kecepatan angin minimum adalah 0,00 m/s.

2. Analisis Diagram Windrose Bulanan

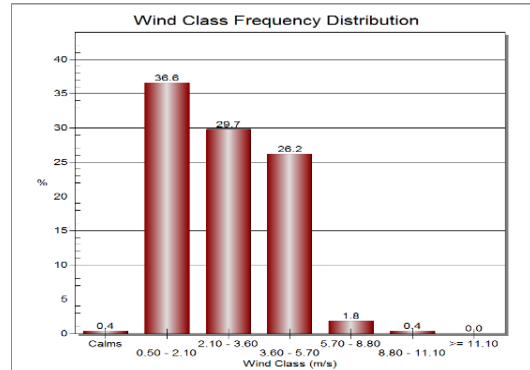
Berikut ini disajikan diagram windrose menggunakan data bulanan tiap bulannya di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang yang dimulai pada Januari 2013-Januari 2021.



Gambar 1. Diagram Windrose Bulan Januari 2013-2021

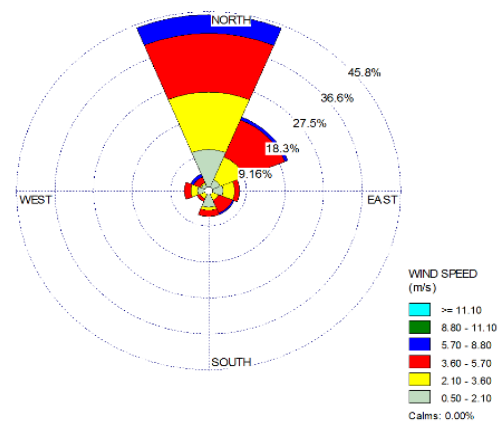
Data yang digunakan adalah data pada bulan Januari 2013-Januari 2021. Dominan arah angin bertiup dari arah Utara karena pusat tekanan rendah telah berada di bagian Selatan,

saat matahari berada pada bagian utara. Dengan persentase 35,9% dengan kecepatan angin maksimum 5,7-8,0 m/s dan persentase angin calm 0,36%.



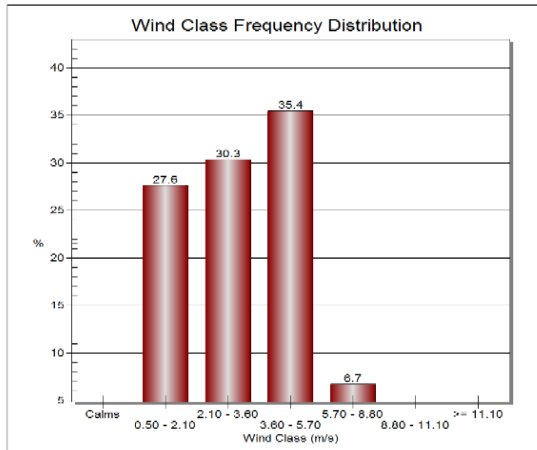
Gambar 2. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Januari 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Januari tahun 2013-2021 dengan kecepatan 0,5–2,1 m/s dengan persentase 36,6% selanjutnya dominan dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 29,7% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 26,2%.



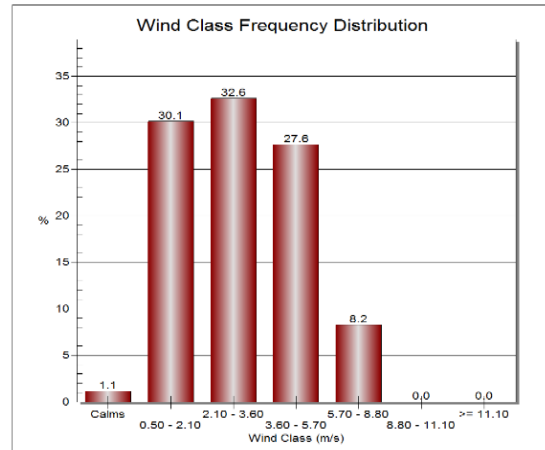
Gambar 3. Diagram Windrose Bulan Februari 2013 -2021

Pada bulan Februari 2013–Februari 2021 dominan arah angin bertiup dari arah Utara dengan persentase 45,8% dengan kecepatan angin maksimum 5,7-8,0 m/s dan persentase angin calm 0,00%.



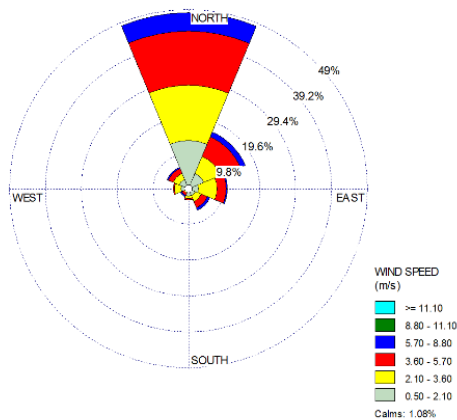
Gambar 4. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Februari 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Februari tahun 2013-2021 dengan kecepatan 3,6–5,7 m/s dengan persentase 35,4% selanjutnya dominan dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 30,3% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5–2,1 m/s dengan persentase 27,6%.



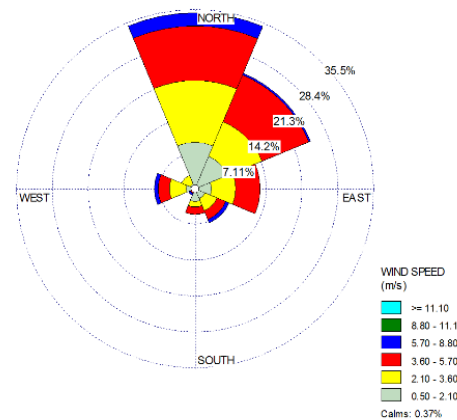
Gambar 6. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Maret 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Maret tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 32,6% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 – 2,1 m/s dengan persentase 30,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 27,6%.



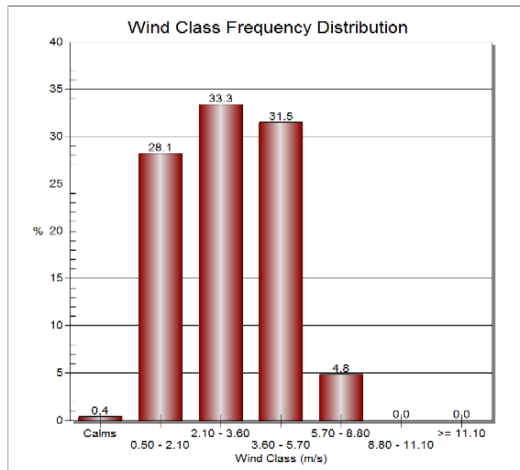
Gambar 5. Diagram Windrose Bulan Maret 2013-2021

Pada bulan Maret 2013–Maret 2021 dominan arah angin bertiup dari arah dari arah Utara dengan persentase 49% dengan kecepatan angin maksimum 5,7-8,0 m/s dan persentase angin calm 1,08%.



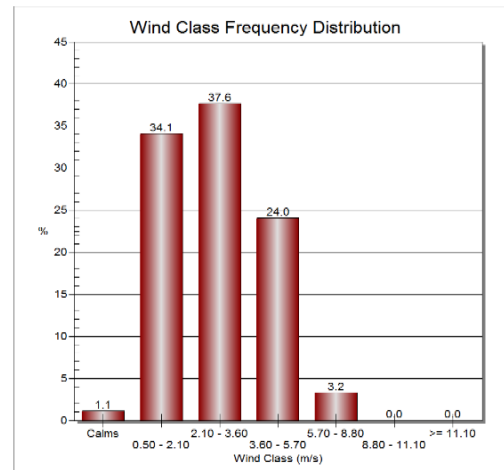
Gambar 7. Diagram Windrose Bulan April 2013-2021

Pada bulan April 2013–2021 dominan arah angin bertiup dari arah Utara dengan persentase 35% dengan kecepatan angin maksimum 5,7-8,0 m/s dan persentase angin calm 0,37%.



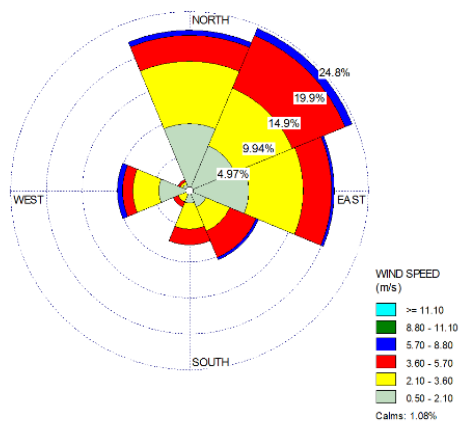
Gambar 8. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan April 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan April tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 33,3% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 31,5% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 – 2,1 m/s dengan persentase 28,1%.



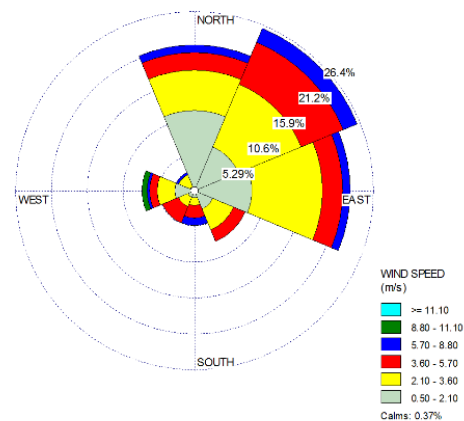
Gambar 10. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Mei 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Mei tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 37,6% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 – 2,1 m/s dengan persentase 34,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 24,0%.



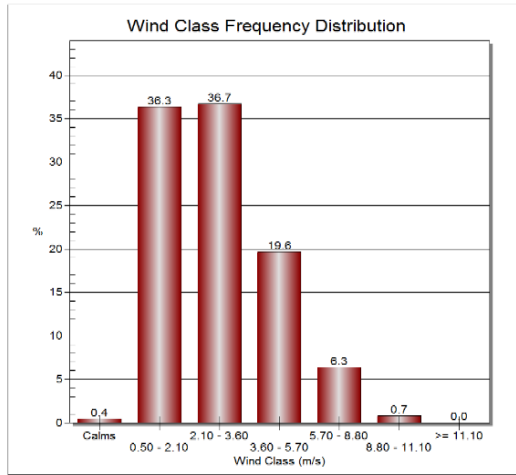
Gambar 9. Diagram Windrose Bulan Mei 2013-2021

Pada bulan Mei 2013–2021 dominan arah angin bertiup dari arah Timur Laut dengan persentase 24,8% dengan kecepatan angin maksimum 5,7-8,0 m/s dan persentase angin calm 1,08%.



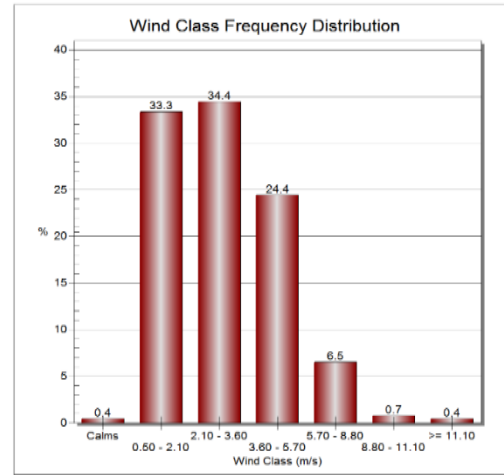
Gambar 11. Diagram Windrose Bulan Juni 2013-2021

Pada bulan Juni 2013–2021 dominan arah angin bertiup dari arah Timur Laut dengan persentase 26,4% dengan kecepatan angin maksimum 8,80-11,10 m/s dan persentase angin calm 0,37%.



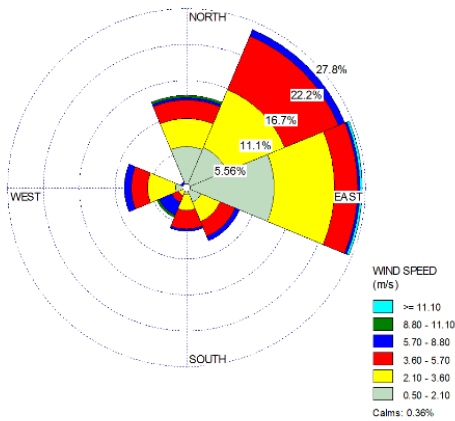
Gambar 12. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Juni 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Juni tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 36,7% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 – 2,1 m/s dengan persentase 36,3% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 19,6%.



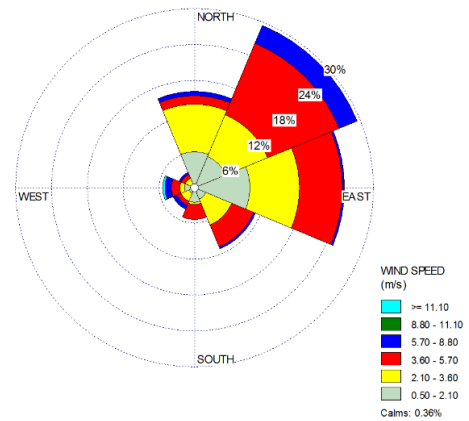
Gambar 14. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Juli 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Juli tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 34,4% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5–2,1 m/s dengan persentase 33,3% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 24,4%.



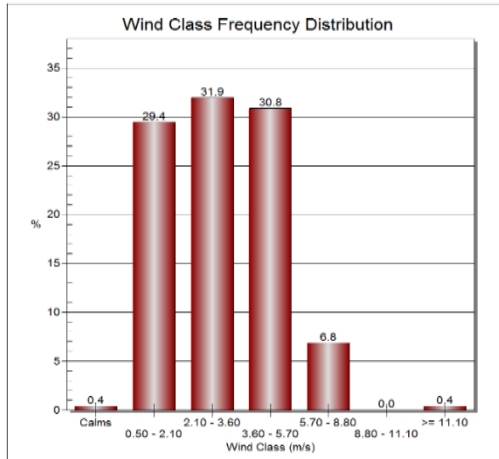
Gambar 13. Diagram Windrose Bulan Juli 2013-2021

Pada bulan Juli 2013–2021 pola angin bervariasi namun dominan arah angin bertiup dari arah Timur dengan persentase 27.8% dengan kecepatan angin maksimum 11.10 m/s dan persentase angin calm 0.36%.



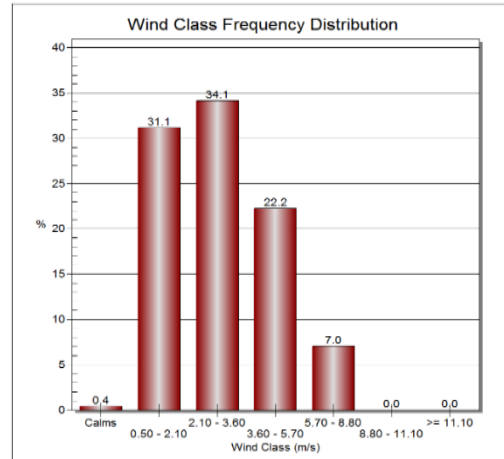
Gambar 15. Diagram Windrose Bulan Agustus 2013-2021

Pada bulan Agustus 2013–2021 pola angin bervariasi namun dominan arah angin bertiup dari arah Timur Laut dengan persentase 30% dengan kecepatan angin maksimum 11,10 m/s dan persentase angin calm 0,36%.



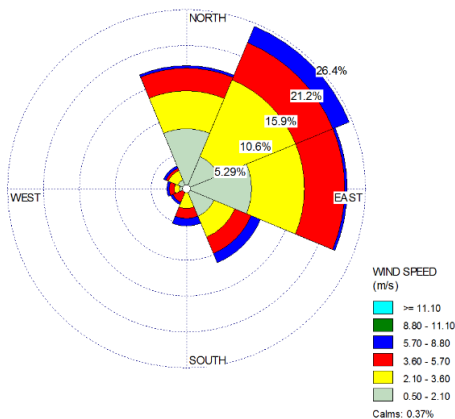
Gambar 16. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Agustus 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Agustus tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1 \-3,6 m/s dengan persentase 31,9% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6-5,7 m/s dengan persentase 30,8% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 - 2,1 m/s dengan persentase 20,4%.



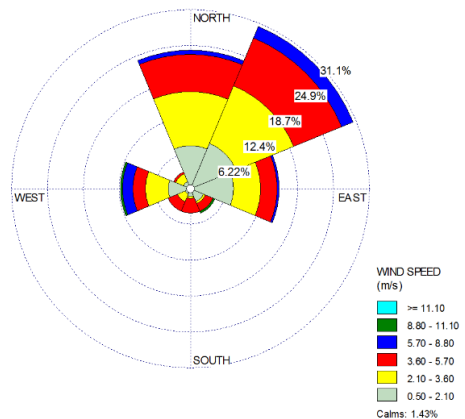
Gambar 18. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan September 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan September tahun 2013-2021 dengan kecepatan 2,1-3,6 m/s dengan persentase 34,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5 - 2,1 m/s dengan persentase 31,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 - 5,7 m/s dengan persentase 22,2%.



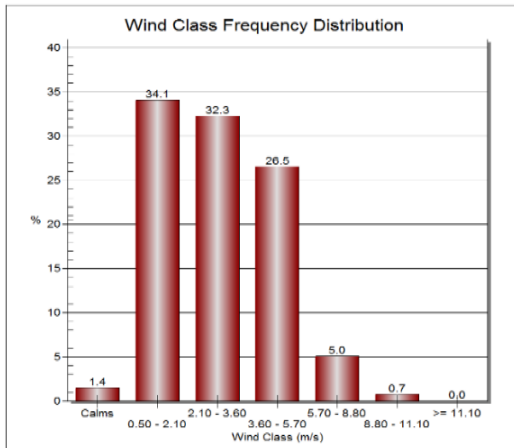
Gambar 17. Diagram Windrose Bulan September 2013-2021

Pada bulan September 2013-2021 dominan arah angin bertiup dari arah Timur Laut dengan persentase 26,4% dengan kecepatan angin maksimum 5,7 - 8,8 m/s dan persentase angin calm 0,37%.



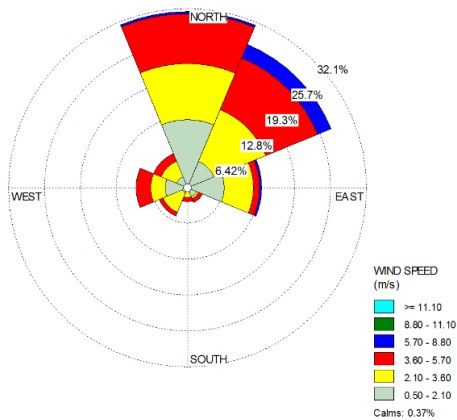
Gambar 19. Diagram Windrose Bulan Oktober 2013 -2021

Pada bulan Oktober 2013-2021 dominan arah angin bertiup dari arah Timur Laut dengan persentase 31,1% dengan kecepatan angin maksimum 8,8-11,1 m/s dan persentase angin calm 1,43%.



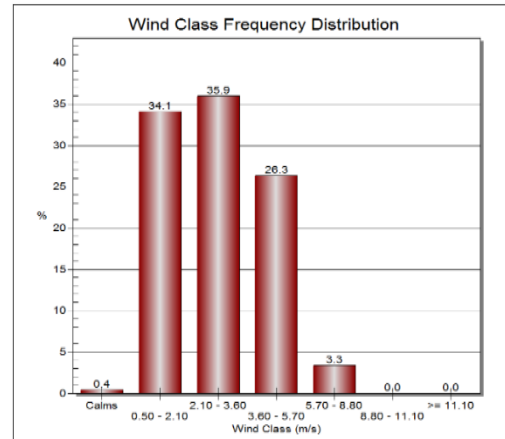
Gambar 20. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Oktober 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Oktober tahun 2013–2021 dengan kecepatan 0,5 – 2,1 m/s dengan persentase 34,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 2,1 – 3,6 m/s dengan persentase 32,3% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 26,5%.



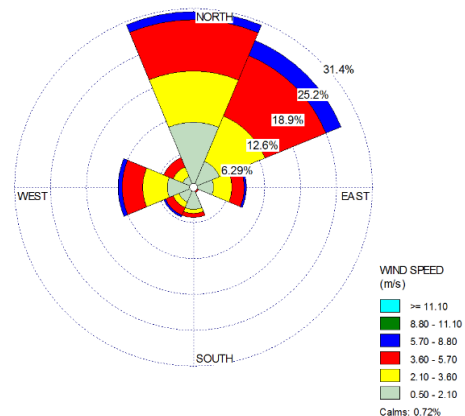
Gambar 21. Diagram Windrose Bulan November 2013-2021

Pada bulan November 2013–2021 dominan arah angin bertiup dari arah Utara dengan persentase 32,1% dengan kecepatan angin maksimum 5,7 - 8,8 m/s dan persentase angin calm 0,37%.



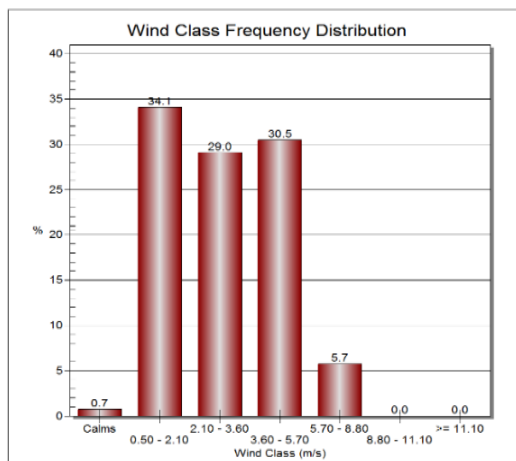
Gambar 22. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan November 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan November tahun 2013–2021 dengan kecepatan 2,1–3,6 m/s dengan persentase 35,9% selanjutnya dominan dengan kecepatan 0,5–2,1 m/s dengan persentase 34,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s dengan persentase 26,3%.



Gambar 23. Diagram Windrose Bulan Desember 2013 -2021

Pada bulan Desember 2013–2021 dominan arah angin bertiup dari arah Utara dengan persentase 31,4% dengan kecepatan angin maksimum 5,7 - 8,8 m/s dan persentase angin calm 0,72%.



Gambar 24. Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin Bulan Desember 2013-2021

Frekuensi distribusi kecepatan angin memperlihatkan angin dominan bertiup selama bulan Desember tahun 2013–2021 dengan kecepatan 0,5–2,1 m/s dengan persentase 34,1% selanjutnya dominan dengan kecepatan 3,6–5,7 m/s dengan persentase 30,5% selanjutnya dominan dengan kecepatan 2,1 – 3,6 m/s dengan persentase 29,0%.

Berdasarkan analisis terhadap data kecepatan angin tidak semua daerah memiliki potensi tenaga angin yang cukup baik untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Dengan kecepatan angin rata-rata 2,1-3,6 m/s maka kecepatan angin ini relatif rendah jika digunakan sebagai sumber energi alternatif. Apabila nilai kecepatan angin dibawah 5 m/s maka energi tersebut dapat lebih sesuai jika dimanfaatkan sebagai turbin angin poros vertikal.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Arah angin di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang dipengaruhi oleh pergerakan angin muson.
- Arah angin dominan yang terjadi yaitu angin yang berasal dari Utara terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, April, November dan Desember.
- Kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Juli dan Agustus sebesar 13,0 m/s. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 2,1-3,6 m/s, dimana kecepatan angin ini relatif rendah jika digunakan sebagai sumber energi alternatif.

Daftar Pustaka

- Andriyani, Y. P., & Munastha, K. A. (2021). Analisis Potensi dan Pemetaan Teknologi Turbin Angin di Seluruh Indonesia. *Jurnal ReTiMs*, 77-82.
- B., R., Dewi, S., Nurhani, & M., B. (2022). Analisa Penggunaan Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Di Kota Palu. *Jurnal Ilmiah Foristek*, Vol. 12, No. 2, 67-74.
- Badan Pusat Statistik, K. (2019). *Kabupaten Deli Serdang Dalam Angka*. Kabupaten Deli Serdang: BPS Kabupaten Deli Serdang.
- Bembuaian, W. D., & Samaila, M. A. (2022). Penggunaan Data Historis Klimatologi Dalam Peramalan Gelombang Laut di Perairan Sorong Provinsi Papua Barat. *Jurnal Rekayasa*, Vol. 8, No. 2, 16-24.
- BMKG. (2021, Juni 1). *Data Online Angin BMKG*. Retrieved from <https://dataonline.bmkg.go.id>
- Budi, Danial, & Lubis, G. S. (2022). Analisis Energi Turbin Angin Savonius 3 Sudu Pada Jermal Ikan Dusun Besar Kecamatan Pulau Maya. *Jurnal Teknologi Rekasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, Vol. 3, No. 1, 98-103.
- Cendrawati, D. G., Soekarno, H., & Nasution, S. (2015). Potensi Energi Angin Di Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, Vol. 14, No. 1, 15-28.
- Herlambang, Y. D., Margana, Safarudin, Y. M., Yosintaska, Yusarindra, N., Wibowo, R. R., & Cahya, Y. T. (2020). Model Alat Ukur Kecepatan Angin, Arah Angin, dan Intensitas Radiasi Matahari. *Jurnal Teknik Energi*, Vo. 16, No. 2, 80-91.
- Johar, L. W. (2018). Kajian Kelayakan Potensi Energi Angin Untuk Dimanfaatkan Menjadi Energi Listrik Disekitaran Legok Kota Jambi. *JEPKA : Journal of Electrical Power Control and Automation*, Vol. 1, No. 1, 7-13.

- Pramono, A., Sutaryani, A., Qothurunada, T. D., & WD, H. S. (2022). Analisis Kondisi Angin Wilayah Pesisir dengan Diagram Windrose di Kota Kendari Tahun 2021. *Seminar Nasional TRenD*, 71-80.
- Qothurunada, D. T., Satria, H., & Putra, Y. R. (2022). Analisis Diagram Windrose di Konawe Selatan. *Jurnal Sains Riset (JSR)*, Vol. 12, No. 1, 22-26.
- Rachmat, B., & Garniwa, I. (2022). Perancangan Sistem Berbasiskan Gelombang Laut untuk Tambahan Energi Angin Pada PLTB. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, Vol. 6, No. 2, 13374-13342.
- Syihab, R. A., Sasmono, S., & Paharti, W. (2022). Desain Turbin Angin Untuk Pemanfaatan Energi Angin (Studi Kasus pada Grid 3 Nusa di Pulau Nusa Penida). *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 9, No. 5, 2057.
- Tharo, Z., Hamdani, & Andriana, M. (2019). Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin Sebagai Sumber Alternatif Menghadapi Krisis Fosil di Sumatera. *SEMNASSTEK UISU*, 141-144.
- Tulong, J., Kolibu, H. S., Pasau, G., & Suoth, V. A. (2021). Kajian Potensi Energi Angin di Gunung Tumpa Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken di Kota Manado. *Jurnal MIPA*, Vol. 10, No. 2, 51-54.
- Winaktu, G., & Ingsih, I. S. (2022). Pola Angin Laut di Kawasan Pantai TPI Desa Bulurejo Kabupaten Lumajang dengan Metode Windrose. *Serambi Engineering*, Vol. 7, No.3, 3667-3673.