



Pengaruh Topografi dan Vegetasi terhadap Kecepatan Angin di Daerah Pegunungan Sukabumi: Studi Observasi Lapangan

Risnatati¹, Yasiva Dortiana Lima¹, Muhammad Musyaddad¹, Winny Liliawati^{1*}

¹ Magister Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2040>

Article Info:

Received : 19 Mei 2026
Revised : 25 Mei 2026
Accepted : 08 Juni 2026
Published : 13 Juni 2026

Correspondence:

Winny Liliawati

Phone: +628562136832

Abstract: This study aims to analyze the influence of topography and vegetation on wind speed in mountainous areas. Conducted in April 2026 in Cinunjang Village, Cijulang Village, Jampang Tengah District, Sukabumi Regency, the research employed a descriptive method with direct field observation. Data were collected from three locations: a footpath surrounded by trees, a rice field area, and a residential area, using a digital anemometer and analyzed descriptively. The results showed that the highest wind speed was recorded in the rice field area (1.6 m/s), while the lowest was observed on the tree-covered footpath (0.8 m/s). The residential area recorded a wind speed of 1.5 m/s. These differences were influenced by topography, vegetation density, and land openness, which affect air circulation patterns. The findings enhance understanding of how environmental conditions influence wind speed distribution in mountainous regions and provide useful information for spatial planning, disaster risk mitigation, and environmentally responsive design.

Keywords: Digital Anemometer; Wind Speed; Mountainous Areas; Field Observation.

Citation: Risnatati, Lima, Y. D., Musyaddad, M., & Liliawati, W. (2026). Pengaruh Topografi dan Vegetasi terhadap Kecepatan Angin di Daerah Pegunungan Sukabumi: Studi Observasi Lapangan. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(3), 2428-2433. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2040>

Pendahuluan

Angin merupakan gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi menuju daerah bertekanan rendah di atmosfer bumi (Berg, 2017). Perbedaan tekanan udara tersebut terjadi akibat ketidaksamaan pemanasan permukaan bumi oleh radiasi Matahari, sehingga menimbulkan perbedaan suhu dan tekanan antara satu wilayah dengan wilayah lainnya. Angin menjadi salah satu unsur penting dalam dinamika cuaca dan iklim karena berperan dalam mengatur distribusi panas, uap air, serta partikel-partikel di atmosfer (Thanvisitthpon et al., 2024). Dalam ilmu meteorologi, angin memiliki berbagai jenis berdasarkan pola dan penyebab terjadinya (Moroni & Cenedese, 2015). Angin tetap (*permanent wind*) merupakan angin yang pola dan arahnya relatif tetap sepanjang tahun, seperti angin pasat (*trade wind*), angin barat (*westerlies*), dan angin

timur kutub (*polar easterlies*) (Zhao & Li, 2024). Selain itu, terdapat angin muson (*monsoon wind*) yang berubah arah setiap setengah tahun akibat perbedaan tekanan udara antara daratan dan lautan (Wang et al., 2019). Di Indonesia, angin muson sangat memengaruhi perubahan musim, yaitu muson barat yang umumnya menyebabkan musim hujan dan muson timur yang berkaitan dengan musim kemarau (Soeyanto et al., 2026).

Jenis angin lainnya adalah angin darat dan angin laut yang terjadi akibat perbedaan suhu antara wilayah daratan dan lautan (Qiu & Fan, 2013). Pada siang hari, angin laut bertiup dari laut ke daratan karena daratan lebih cepat panas dibandingkan laut (Yang et al., 2023). Sebaliknya, pada malam hari terjadi angin darat yang bergerak dari daratan ke laut. Selain itu, terdapat pula angin gunung dan angin lembah yang umum terjadi di

daerah pegunungan akibat perbedaan suhu udara antara lembah dan puncak gunung (Jiang et al., 2019). Indonesia juga memiliki beberapa angin local seperti angin fohn, anginbahorok, dan angin kumbang yang dipengaruhi oleh kondisi geografis wilayah tertentu (Kim & Kim, 2026).

Angin memiliki peranan penting dalam kehidupan dan lingkungan karena memengaruhi pola cuaca, curah hujan, distribusi suhu udara, hingga kualitas udara. Angin juga berfungsi dalam mengangkut uap air, aerosol, dan polutan di atmosfer (Kiemle et al., 2012). Oleh sebab itu, pengamatan terhadap kecepatan dan arah angin menjadi bagian penting dalam kegiatan prakiraan cuaca, mitigasi bencana hidrometeorologi, serta analisis kondisi iklim regional (Irnawati et al., 2025). Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), pengamatan unsur cuaca seperti angin diperlukan untuk mendukung monitoring atmosfer dan memberikan informasi cuaca yang lebih akurat (Yuda et al., 2021).

Pada bulan April, kondisi cuaca di Indonesia umumnya berada pada masa peralihan musim atau pancaroba dari musim hujan menuju musim kemarau (Mulyana et al., 2018). Pada periode ini, kondisi atmosfer cenderung tidak stabil sehingga menyebabkan perubahan arah dan kecepatan angin yang cukup bervariasi (Tangang et al., 2017). Angin dapat berhembus lebih kencang pada waktu tertentu dan sering disertai perubahan cuaca secara tiba-tiba, seperti hujan singkat, udara panas, maupun mendung dalam waktu yang cepat (Tangang et al., 2017). Dalam beberapa waktu terakhir, hembusan angin yang cukup kuat di sejumlah wilayah juga sering menimbulkan dampak terhadap aktivitas masyarakat, seperti terganggunya kegiatan luar ruangan, meningkatnya risiko pohon tumbang, serta perubahan kondisi suhu lingkungan (Ramadhan et al., 2024). Kondisi tersebut menjadikan pemantauan kecepatan angin penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik cuaca di lingkungan sekitar (Nugroho et al., 2019).

Pengukuran kecepatan angin memerlukan alat ukur yang mampu memberikan data secara cepat dan akurat (Soehartanto & Setiantoro, 2023). Salah satu alat yang umum digunakan adalah anemometer. Anemometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin atau aliran udara dengan satuan meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/jam) (Shan et al., 2023). Sementara itu, arah angin dapat diketahui menggunakan *wind vane* atau *windsock* (Furqon et al., 2025). Saat ini, BMKG juga memanfaatkan *Automatic Weather Station* (AWS) untuk melakukan pemantauan kondisi cuaca termasuk angin secara otomatis dan berkelanjutan (Furqon et al., 2025).

Perkembangan teknologi telah menghasilkan anemometer digital yang lebih praktis digunakan dan mampu menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada layar perangkat (Junaidin et al., 2023). Penggunaan alat ini menjadi lebih efektif dibandingkan pengamatan secara manual karena dapat membantu memperoleh data yang lebih objektif dan real-time (Soehartanto & Setiantoro, 2023). Dalam kegiatan observasi lapangan, anemometer banyak dimanfaatkan untuk monitoring kondisi lingkungan, penelitian cuaca, pertanian, pendidikan, hingga mitigasi bencana (Coquilla, 2010; Shruthi et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan anemometer memiliki tingkat efektivitas yang baik dalam kegiatan pengukuran angin (Adi Kuncara et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Angela dkk. menyatakan bahwa informasi mengenai kecepatan dan arah angin sangat penting dalam bidang pertanian dan pemantauan cuaca sehingga diperlukan alat ukur yang mampu memberikan data secara akurat. Penelitian lain oleh Samsinar dkk. juga menjelaskan bahwa anemometer banyak digunakan pada sistem monitoring cuaca karena mampu melakukan pengukuran secara cepat, praktis, dan efisien. Selain itu, hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan anemometer digital memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil dibandingkan alat standar sehingga cukup baik digunakan dalam kegiatan observasi lapangan.

Melalui kegiatan ini, dilakukan penggunaan anemometer untuk mengukur kecepatan angin secara langsung di lokasi pengamatan. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui cara penggunaan anemometer serta memperoleh data kecepatan angin sebagai bentuk monitoring kondisi cuaca dan lingkungan pada masa peralihan musim. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mengenai pentingnya penggunaan alat ukur digital dalam kegiatan observasi cuaca di lapangan.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik observasi langsung di lapangan. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi kecepatan angin berdasarkan hasil pengukuran pada lokasi penelitian tanpa memberikan perlakuan tertentu terhadap objek yang diamati. Pengukuran dilakukan menggunakan anemometer digital untuk mengetahui nilai kecepatan angin pada beberapa titik pengamatan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2026 di Kampung Cinunjang, Desa Cijulang, Kecamatan Jampang Tengah, Kabupaten Sukabumi. Lokasi penelitian berada di wilayah pegunungan dengan karakteristik topografi yang bervariasi sehingga

memungkinkan terjadinya perbedaan kecepatan angin pada setiap lokasi pengamatan.



Gambar 1. Peta Wilayah Cinunjang

Pengambilan data dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda, yaitu area pemukiman, jalan setapak, dan area persawahan. Ketiga lokasi tersebut dipilih untuk mewakili kondisi lingkungan terbuka, semi-terbuka, dan area vegetatif.



Gambar 2. Lokasi penelitian 1



Gambar 3. Lokasi penelitian 2



Gambar 4. Lokasi penelitian 3

Pengukuran dilakukan secara langsung pada waktu tertentu, yaitu pagi, siang, dan sore hari, untuk mengetahui variasi kecepatan angin berdasarkan kondisi lingkungan dan waktu pengamatan. Data hasil pengukuran kemudian dicatat, dikumpulkan, dan dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi serta perbedaan kecepatan angin pada masing-masing lokasi penelitian.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Anemometer digital
2. Buku pencatatan/data sheet
3. Smartphone untuk dokumentasi
4. Lokasi pengamatan lapangan

Anemometer

Pengukuran kecepatan angin pada penelitian ini menggunakan Anemometer digital, yaitu alat ukur kecepatan angin dan suhu udara yang memiliki tingkat akurasi tinggi serta mudah digunakan pada pengukuran lapangan. Alat ini mampu mengukur kecepatan angin dalam beberapa satuan, yaitu m/s, km/h, ft/min, knots, dan mph dengan tingkat akurasi $\pm 5\%$. Selain itu, alat ini juga dapat mengukur suhu udara dalam satuan $^{\circ}\text{C}$ dan $^{\circ}\text{F}$ dengan tingkat akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Anemometer dilengkapi dengan layar LCD berfitur backlight sehingga hasil pengukuran tetap dapat dibaca dengan jelas pada kondisi pencahayaan rendah. Sensor pengukuran menggunakan impeller plastik berbasis induksi magnetik untuk mendeteksi kecepatan angin serta sensor NTC untuk pengukuran suhu udara. Selain itu, alat ini memiliki fungsi pengukuran nilai maksimum (MAX), minimum (MIN), dan rata-rata (AVG) yang mendukung analisis data pengamatan secara lebih rinci. Perangkat ini juga dilengkapi fitur *auto shut off* yang secara otomatis mematikan alat setelah beberapa menit tidak digunakan

guna menghemat daya baterai. Dengan desain yang ringkas dan ringan, anemometer ini mudah dibawa dan sesuai digunakan untuk kegiatan observasi lapangan di daerah penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi dan pengukuran langsung di lapangan (Lopuo et al., 2025). Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan anemometer digital pada tiga lokasi pengamatan yang telah ditentukan. Pada setiap lokasi, pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda, yaitu pagi, siang, dan sore hari, untuk memperoleh variasi data kecepatan angin berdasarkan kondisi waktu pengamatan.

Data yang diperoleh berupa nilai kecepatan angin yang ditampilkan pada layar anemometer. Hasil pengukuran kemudian dicatat pada lembar pengamatan (*data sheet*) dan didokumentasikan menggunakan smartphone. Untuk meningkatkan keakuratan data, pengukuran dilakukan beberapa kali pada setiap lokasi, kemudian hasilnya dirata-ratakan sehingga diperoleh data yang lebih representatif.

Prosedur Penggunaan Anemometer

Penggunaan anemometer dalam penelitian ini diawali dengan menyiapkan alat dan memastikan perangkat berada dalam kondisi baik serta dapat berfungsi secara optimal. Selanjutnya, alat dinyalakan dan satuan pengukuran kecepatan angin dipilih sesuai kebutuhan penelitian. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan anemometer pada area yang terbuka agar aliran angin dapat terdeteksi secara maksimal. Sensor anemometer kemudian diarahkan sesuai arah datangnya angin sehingga hasil pengukuran yang diperoleh lebih akurat. Nilai kecepatan angin yang muncul pada layar alat diamati dan dicatat pada lembar pengamatan.

Hasil dan Diskusi

Berdasarkan hasil pengamatan, anemometer dapat digunakan dengan baik untuk mengukur kecepatan angin secara langsung di lapangan. Penggunaan alat ini memudahkan proses monitoring karena hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time pada layar digital.

Selama proses pengukuran, nilai kecepatan angin menunjukkan variasi pada setiap waktu dan lokasi pengamatan. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu udara, keberadaan pepohonan, bangunan, serta kondisi cuaca saat pengamatan berlangsung. Faktor-faktor tersebut memengaruhi pergerakan massa udara sehingga kecepatan angin yang terukur pada masing-masing lokasi menjadi berbeda. Berdasarkan data pada Tabel 1,

kecepatan angin tertinggi diperoleh pada area persawahan, yaitu sebesar 1,6 m/s. Kondisi ini disebabkan area persawahan merupakan wilayah yang relatif terbuka dengan hambatan yang lebih sedikit sehingga aliran udara dapat bergerak lebih bebas. Selain itu, minimnya penghalang seperti bangunan dan vegetasi tinggi menyebabkan sirkulasi udara berlangsung lebih optimal dibandingkan lokasi lainnya.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran

No	Lokasi	Kecepatan Angin (m/s)	Waktu
1	Jalan setapak	0,8	Sore hari
2	Persawahan	1,6	Siang hari
3	Pemukiman	1,5	Pagi hari

Kecepatan angin terendah diperoleh pada jalan setapak di area pepohonan, yaitu sebesar 0,8 m/s. Rendahnya kecepatan angin pada lokasi ini dipengaruhi oleh banyaknya vegetasi dan pepohonan yang menghambat aliran udara sehingga laju angin menjadi lebih kecil. Di samping itu, kondisi lingkungan yang lebih tertutup menyebabkan pergerakan udara tidak berlangsung secara maksimal.

Sementara itu, pada area pemukiman diperoleh kecepatan angin sebesar 1,5 m/s. Nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan area persawahan karena wilayah pemukiman di lokasi penelitian masih tergolong jarang penduduk dan berada di daerah pegunungan. Jarak antar rumah yang cukup berjauhan menyebabkan area pemukiman masih memiliki ruang terbuka yang memungkinkan udara bergerak dengan cukup baik. Namun demikian, keberadaan bangunan rumah dan beberapa penghalang lainnya tetap memengaruhi arah serta laju aliran udara sehingga kecepatan angin yang diperoleh sedikit lebih rendah dibandingkan area persawahan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa karakteristik lingkungan dan kondisi lokasi sangat memengaruhi nilai kecepatan angin. Lokasi yang lebih terbuka cenderung memiliki kecepatan angin lebih tinggi dibandingkan lokasi yang banyak memiliki penghalang, seperti pepohonan dan bangunan. Penggunaan anemometer digital dalam penelitian ini memberikan beberapa keuntungan, antara lain mudah digunakan, mampu menampilkan data secara cepat, memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, serta praktis digunakan untuk kegiatan observasi lapangan.

Namun demikian, hasil pengukuran tetap dipengaruhi oleh posisi alat dan kondisi lingkungan

sekitar. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pengukuran yang tepat sangat diperlukan agar data yang diperoleh lebih optimal dan representatif.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di Kampung Cinunjang, Desa Cijulang, Kecamatan Jampang Tengah, Kabupaten Sukabumi, kecepatan angin pada setiap lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang berbeda. Kecepatan angin tertinggi diperoleh pada area persawahan sebesar 1,6 m/s, sedangkan kecepatan angin terendah terdapat pada jalan setapak di area pepohonan sebesar 0,8 m/s. Sementara itu, area pemukiman memiliki kecepatan angin sebesar 1,5 m/s. Perbedaan kecepatan angin tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pada masing-masing lokasi. Area persawahan memiliki kecepatan angin paling tinggi karena wilayahnya relatif terbuka sehingga aliran udara dapat bergerak lebih bebas. Jalan setapak di area pepohonan memiliki kecepatan angin paling rendah karena adanya hambatan vegetasi yang mengurangi laju aliran udara.

Adapun area pemukiman masih menunjukkan kecepatan angin yang cukup tinggi karena jarak antar rumah relatif berjauhan sehingga udara masih dapat bergerak dengan baik. Dengan demikian, kondisi topografi, keberadaan vegetasi, bangunan, dan tingkat keterbukaan wilayah berpengaruh terhadap besar kecilnya kecepatan angin. Lokasi yang lebih terbuka cenderung memiliki kecepatan angin lebih tinggi dibandingkan lokasi yang banyak memiliki penghalang. Selain itu, anemometer digital dinilai efektif dan praktis digunakan dalam observasi lapangan karena mampu menampilkan hasil pengukuran secara cepat dan mudah digunakan.

Ucapan Terimakasih

Apresiasi disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, masukan, dan dukungan sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- Adi Kuncara, I., Endro Suseno, J., Agus, S., & Gunadi, I. (2020). Development of Ultrasonic Anemometer Using HC-SR04 with Kalman Filter Based on Microcontroller Integrated IoT. In W. B., S. null, & P. T. T. (Eds.), *E3S Web of Conferences* (Vol. 202). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020215011>
- Berg, D. E. (2017). Wind energy resource. In *Energy Conversion*, Second Edition (pp. 137-176). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315374192>
- Coquilla, R. V. (2010). Expanded anemometer calibration uncertainty. *European Wind Energy Conference and Exhibition 2010, EWEC 2010*, 5, 3335-3345. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84869992727&partnerID=40&md5=6134f53254b9e7e46610e08c5e10f34b>
- Furqon, Mochammad Eldyen Millianda, Rakin Ghiyat Niagara, Rayhan Kemal, & Tia Dikatama Tsania. (2025). Rancangan Automatic Weather Station (Aws) Menggunakan Aruduino Mega Pada Bandara Unit Yang Tidak Tersedia Aws. *Jurnal TNI Angkatan Udara*, 4(3). <https://doi.org/10.62828/jpb.v4i3.159>
- Irnawati, I., Muzakkir Pangri, Nur Hidayat, Ibnu Subrata Ajid, Maipauw, N. J., & Ismail Sangadji. (2025). Pengenalan Instrumen Manual Dan Digital Untuk Mendukung Layanan Prakiraan Cuaca Di Taman Alat Bmkg Wilayah I Deo Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 7(2), 105-117. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v7i2.4633>
- Jiang, P., Liu, X., Zhu, H., Zhu, Y., & Zeng, W. (2019). Idealized Numerical Simulation of Local Mountain-Valley Winds over Complex Topography. *Plateau Meteorology*, 38(6), 1272-1282. <https://doi.org/10.7522/j.issn.1000-0534.2019.00019>
- Junaidin, B., Adiputra, B. D., Hariyanto, K., Pinandhita, L. R., & Wahyu Santoso, D. (2023). Advancements in Microcontroller Technology for Wind Speed Measurement in Wind Tunnels. *Proceedings - IEIT 2023: 2023 International Conference on Electrical and Information Technology*, 71-75. <https://doi.org/10.1109/IEIT59852.2023.10335512>
- Kiemle, C., Schafner, A., Wirth, M., Fix, A., & Rahm, S. (2012). Airborne lidar observations of water vapor transport. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 1976-1979. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2012.6351114>
- Kim, H.-Y., & Kim, H.-D. (2026). Impact of Mountain-Valley Winds on Meteorological Elements in Keimyung Dongyeong Forest, Southern Mt. Geumo. *Journal of Environmental Science International*, 35(3), 191-204. <https://doi.org/10.5322/JESI.2026.35.3.191>
- Lopuo, F., Detu, D. S., & Lakadjo, F. (2025). Pengukuran Arah Dan Kecepatan Angin Di Berbagai Titik Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo. 4(1), 21-24.
- Moroni, M., & Cenedese, A. (2015). Laboratory simulations of local winds in the atmospheric

- boundary layer via image analysis. *Advances in Meteorology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/618903>
- Mulyana, E., Prayoga, M. B. R., Yananto, A., Wirahma, S., Aldrian, E., Harsoyo, B., Seto, T. H., & Sunarya, Y. (2018). Tropical cyclones characteristic in southern Indonesia and the impact on extreme rainfall event. In C. L., H. R., I. F.A., & H. A. (Eds.), *MATEC Web of Conferences* (Vol. 229). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822902007>
- Nugroho, Y. A., Fajarianti, R., Imami, A. F. R., & Winarso, P. A. (2019). Identification of the Influence of Long Winter Season in 2017 - 2018 to the Forming of Strong Northerly Cold Surge over West Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 303(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/303/1/012064>
- Qiu, X., & Fan, S. (2013). Progress of Sea-Land Breeze Study and the Characteristics of Sea-Land Breeze in Three Coastal Areas in China. *Meteorological Monthly*, 39(2), 186–193. <https://doi.org/10.7519/j.issn.1000-0526.2013.02.007>
- Ramadhan, R., Marzuki, M., Suryanto, W., Sholihun, S., & Yusnaini, H. (2024). Seasonal Changes of Diurnal Rainfall Over New Capital City of Indonesia from High-Resolution Satellite Data. In L. S., S. H., H. M., T. null, N. G.A., B. A., & E. S. (Eds.), *Springer Proceedings in Physics* (Vol. 305, pp. 465–473). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0740-9_41
- Shan, Z., Xie, X., & Liu, X. (2023). Wind Speed and Direction Measurement Based on Three Mutually Transmitting Ultrasonic Sensors. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2023.3236005>
- Shruthi, G., Sebastian, A. P., Arun, P., Gopika, T. G., & Shafeek, P. M. (2025). Optimized Design and Performance Evaluation of a Sonic Anemometer for Precise Wind Measurement. *ETIS International Conference on Emerging Technologies for Intelligent Systems, ETIS 2025*. <https://doi.org/10.1109/ETIS64005.2025.10961368>
- Soehartanto, T., & Setiantoro, R. Y. (2023). Design of IoT-based portable digital wind speed and wind direction measuring tools. *Journal of Physics: Conference Series*, 2673(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2673/1/012016>
- Soeyanto, E., Priyono, B., Sudaryanto, A., Fauzi, A., Hadiyanto, H., Nugroho, D., Triwibowo, H., Sahabuddin, M., Nurhangga, E., Handayani, D. P., Himawati, S., & Morimoto, A. (2026). Seasonal wind forcing and hydrodynamic response as a predictor of ecological change: Toward an early warning framework for semi-enclosed tropical bay waters. *Regional Studies in Marine Science*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2026.104959>
- Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2017). Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1979–1997. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Thanvisitthpon, N., Kallawicha, K., & Chao, H. J. (2024). Introduction to meteorology, weather, and climate. In *Health and Environmental Effects of Ambient Air Pollution: Volume 1: Air Pollution, Human Health, and the Environment* (Vol. 1, pp. 303–329). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16088-2.00004-1>
- Wang, P., Clemens, S. C., Tada, R., & Murray, R. W. (2019). Blowing in the monsoon wind. *Oceanography*, 32(1), 48–59. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2019.119>
- Yang, Y., Song, X., Lian, W., Kang, B., & Miao, C. (2023). Characteristics of Sea-Land Breeze in Huludao during Spring, 2021 and Its Impacts on Ozone Pollution. *Guangxue Xuebao/Acta Optica Sinica*, 43(12). <https://doi.org/10.3788/AOS221607>
- Yuda, I. W. A., Osawa, T., Nagai, M., & Prasetia, R. (2021). The Regionalization of Indonesian Maritime Continent Rainfall based on Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 893(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/893/1/012065>
- Zhao, Y., & Li, J. (2024). Dominant Synoptic Systems for Summer Precipitation over the Complex Terrain of Southwestern China. *Monthly Weather Review*, 152(11), 2443–2460. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-24-0009.1>