
PROTOTIPE STASIUN PENGUKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS *LONG RANGE* (LoRa)

PROTOTYPE OF WIND SPEED AND DIRECTION METER STATION BASED ON LONG RANGE (LoRa)

Doni Gustami Agam¹⁾, Muhammad Romdonul Hakim^{2*)}, Afriana Kusdinar³⁾, Ipko Salim⁴⁾

^{1,2,3,4}Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Jl. Raya Babakan KM 2, Pangandaran, 46396, Indonesia

*Corresponding Author: anugrah.hakim@gmail.com

ABSTRAK

Angin memiliki pengaruh yang besar bagi aktivitas manusia. Selain itu, angin dapat menjadi sumber energi alternatif. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe stasiun pengukur kecepatan dan arah angin *real-time* berbasis *Long Range* (LoRa). Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dalam mengumpulkan data dengan mengukur kecepatan dan arah angin serta mengukur jarak radius terjauh transmisi sinyal. Analisis data untuk kecepatan angin didapatkan dengan membandingkan antara prototipe dan anemometer referensi dan untuk arah angin dilihat menggunakan *wind rose*. Sementara itu, jarak radius transmisi sinyal dapat dilihat dari kestabilan sinyal. Hasil penelitian ini menunjukkan, prototipe memiliki tingkat akurasi rata-rata hingga 87,03% dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 1,15 m/s (angin lemah). Sedangkan, *wind rose* menunjukkan arah angin dominan berhembus dari arah tenggara. Adapun, untuk jarak radius transmisi sinyal terjauh yang masih terpantau stabil adalah hingga sekitar 3 km. Hal ini menunjukkan stasiun pengukur kecepatan dan arah angin berbasis LoRa telah mampu stabil dalam mengirimkan data tanpa perlu koneksi internet. Dengan demikian, sistem transmisi ini efektif dan efisien dari segi biaya dibandingkan dengan sistem *Internet of Things* (IoT).

Kata kunci: Arah Angin, Kecepatan Angin, LoRa, Transmisi

ABSTRACT

Wind significantly impacts human activities and can be an alternative energy source. This research aims to create a real-time wind speed and direction measurement prototype using Long Range (LoRa) technology. Quantitative methods were used to measure wind speed and direction and to determine the maximum transmission radius. Wind speed data was compared between the prototype and a reference anemometer, while wind direction was analyzed using a wind rose. The prototype achieved an average accuracy of 87.03% with a mean wind speed of 1.15 m/s (light breeze). The wind rose indicated a predominant southeast wind direction. The maximum stable transmission radius was around 3 km, demonstrating that the LoRa-based station can transmit data reliably without an internet connection. This system is cost-effective and efficient compared to traditional IoT systems.

Keywords: Wind Direction, Wind Speed, LoRa, Transmission

PENDAHULUAN

Angin adalah aliran udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Angin dapat berpengaruh terhadap aktivitas manusia seperti penyerbukan tanaman, transportasi, penerbangan, dan olahraga air. Angin juga dapat menjadi sumber energi alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik (Aprinasyah dan Susanto, 2013; Nurhayati dan Aminuddin, 2016).

Alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur kecepatan angin adalah anemometer, sedangkan untuk arah angin khusus bagi anemometer yang dilengkapi dengan sensor arah angin sehingga pada anemometer *portable* umumnya hanya bisa mengukur kecepatan angin saja. Anemometer yang berada di stasiun cuaca umumnya dapat mengukur kecepatan dan arah angin secara *real-time* namun harganya relatif mahal. Masifnya perkembangan teknologi mikrokontroler saat ini, membantu penyediaan alat survei dengan biaya relatif lebih murah namun memiliki akurasi yang cukup baik (Bahrin, 2017; Ngarianto dan Gunawan, 2020). Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini untuk membuat aplikasi elektronik pada sistem kontrol adalah Arduino Uno karena dinilai lebih praktis, mudah dan murah. Pembuatan alat pengukur kecepatan dan arah angin dengan memanfaatkan Arduino Uno juga telah banyak dan terbukti efektif (Ardiyanto et al., 2021; Nugroho et al., 2022; Safii et al., 2023)

Saat ini pula, mulai berkembang teknologi transmisi data menggunakan *Long Range* (LoRa) berbasis gelombang radio tanpa menggunakan internet. Sistem transmisi ini mampu menjangkau hingga maksimum radius jarak 9,7 km untuk daerah pedesaan, sedangkan untuk daerah perkotaan maksimum menjangkau hingga 4,6 km dengan sinyal melemah ketika menghadapi bangunan dengan ketinggian 38 meter. Hal ini menjadikan sistem LoRa lebih unggul untuk diaplikasikan pada daerah pedesaan atau terpencil, dibandingkan sistem *Internet of Things* (IoT), karena sulitnya fasilitas internet dan dapat mentransmisikan data lebih jauh daripada di kota. Meskipun demikian, untuk daerah perkotaan yang terdapat fasilitas internet, sistem LoRa pun dapat dipadukan dengan IoT untuk menutupi kekurangan daya jangkauan jaraknya (Abdillah et al., 2021; Tan et al., 2019; Widiyanto et al., 2019).

Kelebihan LoRa yang lain adalah konsumsi dayanya yang rendah hanya berkisar 13mA hingga 15 mA. Memiliki kapasitas tinggi yang mendukung pengiriman jutaan data per *base* dan aman karena sudah tertanam enkripsi *end to end* AES-128. Teknologi nirkabel, berdaya rendah dengan rentang jarak jangkauan transmisi yang jauh menjadikan LoRa dapat membantu dalam efisiensi biaya operasional dalam pengoperasian secara tahunan pada perangkat sensor berenergi baterai dengan cakupan area yang luas (Batong et al., 2020; Huda et al., 2021; Yanziah et al., 2020)

Adanya teknologi mikrokontroler Arduino dan LoRa ini memungkinkan untuk membuat stasiun cuaca di daerah terpencil, khususnya untuk pengukur kecepatan dan arah angin dengan biaya yang lebih terjangkau. Mengingat, stasiun cuaca milik Badan Meteorologi Klimatologi (BMKG) belum tersedia di setiap wilayah karena membutuhkan biaya yang besar untuk proses pembuatan dan perawatannya (Prabowo et al., 2018).

Akbar et al. (2019) menyatakan Kabupaten Pangandaran memiliki potensi energi baru terbarukan yang berasal dari energi angin dengan kecepatan rata-rata hembusan angin sebesar 4,42 m/s. Angin juga merupakan parameter yang sangat berpengaruh dalam pembentukan arus dan gelombang di laut sehingga para nelayan dalam menangkap ikan sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin (Hermansyah et al., 2023; Lusiani et al., 2018; Setyawan dan Pamungkas, 2017; Trenggono dan Agustiadi, 2019). Oleh karena itu, dengan dibuatnya stasiun pengukur kecepatan dan arah angin berbasis LoRa di Kabupaten Pangandaran khususnya di Pantai Bulaksetra diharapkan dapat memberikan informasi kecepatan angin dan arah angin secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe stasiun pengukur kecepatan dan arah angin yang dapat mengukur secara *real-time* berbasis LoRa.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 Maret – 3 Juni 2023 di *Inorobo Robotics School* yang berlokasi di Kota Bandung, Jawa Barat (tempat perancangan alat) dan di Kampus Politeknik

Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat (tempat pengujian alat).

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan
Table 1. Tools and Materials

No.	Jenis	Fungsi
A Alat		
1.	Gerinda	Memotong besi dan menghaluskan hasil las
2.	Alat Las	Menyambungkan besi atau plat
3.	Solder	Menyambungkan komponen elektronika
4.	Meteran	Mengukur panjang
<hr/>		
5.	Bor Tangan	Melubangi kotak panel
6.	Voltmeter	Mengukur tegangan rangkaian elektronika
7.	Laptop	Memprogram mikrokontroler Arduino Uno.
B Bahan		
1.	Arduino Uno	Mengontrol perangkat elektronik
2.	RFM95W	Mentransmisikan dan menerima sinyal radio
3.	Antena omnidirectional	Menguatkan pada pemancaran dan penerimaan sinyal
4.	Baterai <i>accu</i> dan Lithium Ion	Menyediakan energi listrik pada instrumen
5.	RK 100-02	Mendeteksi kecepatan angin
6.	RK 110-02	Mendeteksi arah angin
7.	LCD OLED	Menampilkan data
8.	<i>Solar charger controller</i>	Mengatur pengisian baterai
9.	Kotak panel	Melindungi instrumen dari hujan dan panas
10.	Tiang Besi galvanis	Melekatkan kotak panel dan instrumen elektronika

Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dengan mengukur kecepatan dan arah angin setiap lima menit dilakukan hingga sepuluh kali ulangan. Pengukuran kecepatan dan arah angin dilakukan pada ketinggian 10 m dari permukaan tanah untuk memastikan angin bebas halangan sesuai standar pengukuran stasiun meteorologi (Rumsarwir et al., 2023; Wijayanti et al., 2015). Selain itu, dilakukan pengukuran radius

jangkauan transmisi sinyal dengan cara instrumen *receiver* pengamat dibawa bergerak menjauh dari stasiun *transmitter*.

Metode Analisis Data

Data kecepatan angin dari sensor RK100-02 kemudian dibandingkan dengan anemometer *portable* yang umum dipakai yaitu Benetech GM816 untuk mengukur tingkat akurasinya (Derek et al., 2016). Arah angin dianalisis menggunakan *wind rose* untuk melihat arah angin dominan selama pengukuran berlangsung. Adapun, untuk kekuatan sinyal transmisi dicatat jarak radius terjauh dimana sinyal sudah tidak tertangkap oleh *receiver* sehingga tidak ada data yang ditampilkan oleh LCD OLED pada instrumen pengamat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Desain

Proses perancangan desain prototipe stasiun pengukur kecepatan dan araha angin dibuat menggunakan perangkat lunak *Sketch Up* dengan skala 1:100 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Stasiun Pengukur Kecepatan dan Arah Angin

Figure 1. Design of Wind Speed and Direction Measurement Station

Pembuatan model desain ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan dalam pembuatan prototipe dengan memperhatikan dimensi dan bentuk dari prototipe yang akan dibuat sehingga diharapkan dapat berdiri kokoh, sesuai dengan

ukuran tempat peletakkannya, dan efisien dari segi anggaran pembuatannya. Prototipe yang dibuat memiliki ukuran keseluruhan panjang x lebar x tinggi sebesar 1,0 x 0,6 x 2,0 m.

Mekanisme Kerja Alat

Pada stasiun kecepatan dan arah angin ini menggunakan LoRA sebagai sistem komunikasinya sehingga membutuhkan *transmitter* yang berada pada stasiun untuk mengirimkan data dan *receiver* pada instrumen pengamat untuk menerima dan menampilkan data. Pada *transmitter* dan *receiver* keduanya menggunakan modul LoRa RFM95W dengan frekuensi gelombang radio 915 Mhz. Sumber tenaga untuk *transmitter* berasal dari panel surya yang dihubungkan dengan baterai *accu* 12 V 10 Ah menggunakan *solar charger controller*, sedangkan untuk *receiver* menggunakan dua buah baterai lithium ion 3,7 V 2200 mAh yang dapat diisi ulang.

Sensor RK100-02 merupakan sensor yang mampu mendeteksi kecepatan angin dan dapat digunakan secara luas di bidang meteorologi, kelautan, pemantauan lingkungan, dan bandara. Sensor ini terbuat dari serat karbon dan mampu mengukur kecepatan angin dari 0 – 45 m/s dengan akurasi $\pm 0,03$ m/s. Sedangkan, sensor RK110-02 merupakan sensor yang mampu mendeteksi arah angin. Sensor ini juga terbuat dari serat karbon sehingga tahan air dan anti karat. Sensor ini mampu mendeteksi arah angin dengan jangkauan 0° – 360° dengan akurasi $\pm 3^{\circ}$. Sumber listrik dari kedua sensor ini adalah dari VCC 5V Arduino Uno sedangkan untuk data masing-masing dihubungkan dengan pin 2 dan AO (Hunan Rika Electronic Tech Co., Ltd, 2024).

Pembuatan Prototipe

Rangka dan kotak panel dari prototipe stasiun pengukur kecepatan dan arah angin dibuat dengan menggunakan besi galvanis yang dicat dengan cat anti karat berwarna putih yang berfungsi untuk memantulkan sinar matahari agar besi tidak cepat rusak (Gambar 2). Di dalam kotak panel pada Gambar 3 berisi komponen elektronik berupa modul Arduino Uno, modul *transmitter* LoRa RFM95W, baterai *accu*, dan *solar charger controller*. Sedangkan, sensor kecepatan angin (RK100-02), sensor arah angin (RK110-02), antena *omni directional* dan panel surya diletakkan di luar kotak panel. Pada instrumen pengamat terdapat modul Arduino Uno, modul *receiver* LoRa RFM95W, antena *omni directional*, baterai litium

ion, dan LCD OLED. Kotak instrumen pengamat terbuat dari plastik ABS yang tahan panas dan kedap air. Instrumen pengamat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Prototipe Stasiun Pengukur Kecepatan dan Arah Angin

Figure 2. Prototype of Wind Speed and Direction Measurement Station



Gambar 3. Bagian Dalam Kotak Panel

Figure 3. Inside of the Panel Box



Gambar 4. Instrumen Pengamat
Figure 4. Observation Instrument

Pengujian Efektivitas Prototipe

Pengukuran kecepatan dan arah angin dilakukan di atas *rooftop* Gedung B Kampus Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran (PKPP) setinggi 10 m dari permukaan tanah untuk menghindari distraksi sehingga angin yang diukur menjadi bebas halangan. Hasil pengukuran kecepatan angin antara prototipe dengan klanemometer referensi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Kecepatan Angin
Table 2. Wind Speed Measurement

Ulangan	Prototipe (m/s)	Referensi (m/s)	Akurasi (%)
1.	0,70	0,84	83,33
2.	0,96	0,86	88,37
3.	1,71	1,68	98,21
4.	1,21	1,13	92,92
5.	1,21	0,85	57,65
6.	1,31	1,68	77,98
7.	1,01	0,84	79,76
8.	1,11	1,11	100,00
9.	1,11	1,13	98,23
10.	1,21	1,14	93,86
Rata-rata	1,15	1,13	87,03

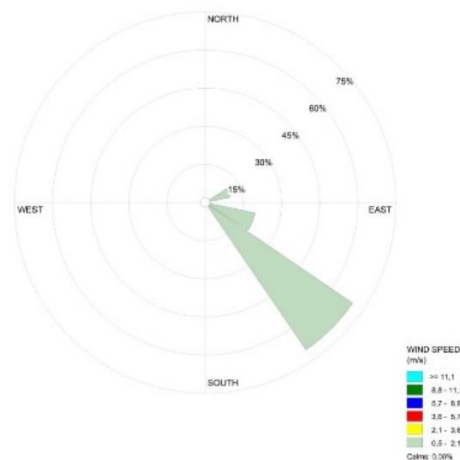
Pada Tabel 2 terlihat hasil pengukuran kecepatan angin selama sepuluh kali ulangan didapat kecepatan angin rata-rata sebesar 1,15 m/s, sedangkan anemometer refrensi menunjukkan angka rata-rata sebesar 1,13 m/s sehingga prototipe memiliki akurasi rata-rata sebesar 87,03% dengan rata-rata selisih kecepatan angin 0,02 m/s. Nilai

rata-rata angin ini masuk ke dalam kategori angin lemah sesuai dengan skala *Beaufort* (Syafrina dan Felly, 2023). Adanya perbedaan hasil pengukuran antara prototipe dengan anemometer referensi dikarenakan ada perbedaan akurasi sensor yang jauh berbeda hingga 95%. Benetech GM816 memiliki akurasi $\pm 0,005$ m/s, berbeda dengan sensor RK100-02 yang memiliki akurasi $\pm 0,03$ m/s (Benetech, 2024; Hunan Rika Electronic Tech Co., Ltd, 2024).

Selama pengukuran, angin berhembus dominan berasal dari arah tenggara dan hanya satu yang berhembus dari arah timur laut (Tabel 3 dan Gambar 5). Adapun, hasil pengujian kekuatan sinyal transmisi LoRa pada prototipe ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 3. Pengukuran Arah Angin
Table 3. Wind Direction Measurement

Ulangan	Arah Angin (°)	Keterangan
1.	146	Tenggara
2.	137	Tenggara
3.	75	Timur Laut
4.	140	Tenggara
5.	146	Tenggara
6.	123	Tenggara
7.	134	Tenggara
8.	123	Tenggara
9.	144	Tenggara
10.	146	Tenggara
Rata-rata	131	87,03



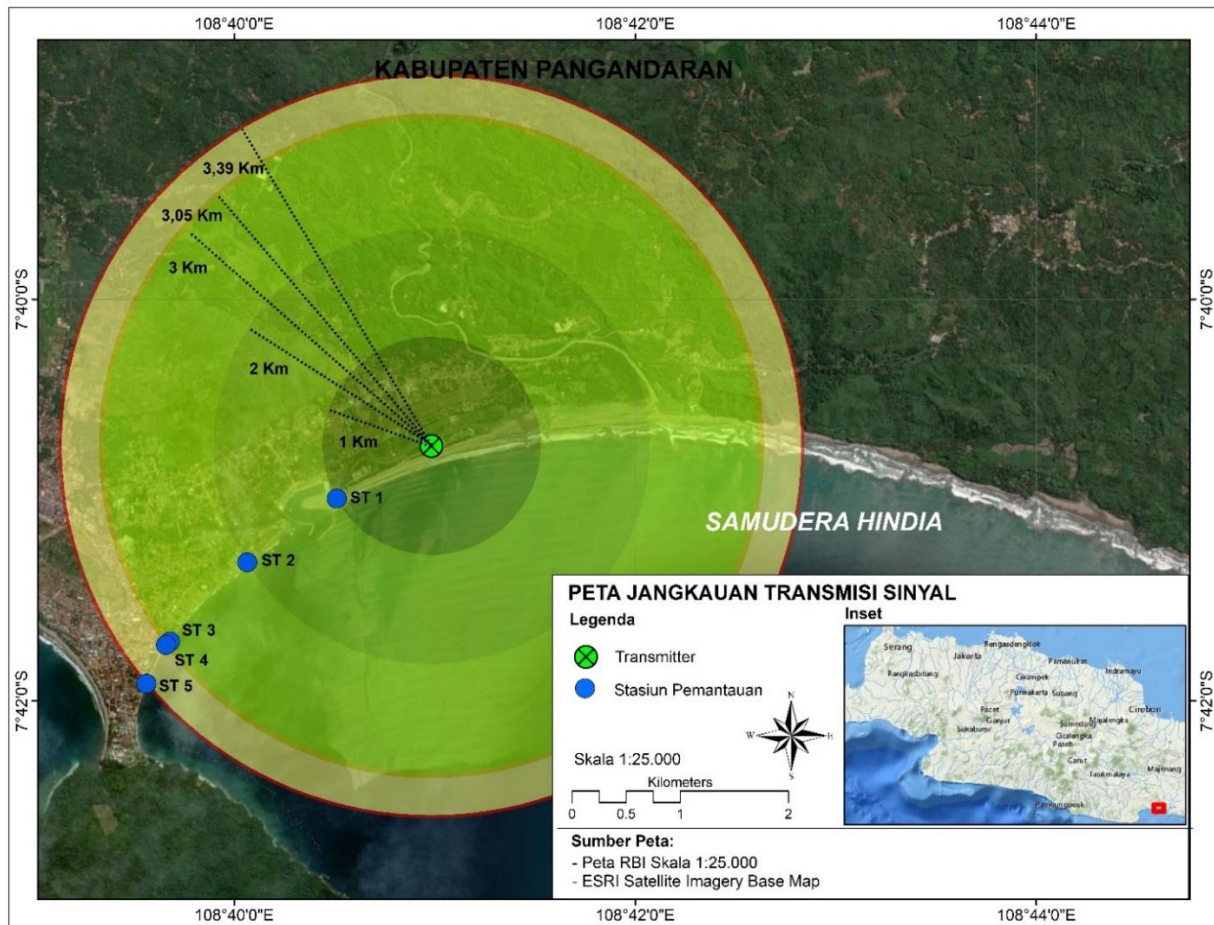
Gambar 5. Wind Rose Kecepatan dan Arah Angin
Figure 5. Wind Rose of Wind Speed and Direction

Tabel 4. Pengujian Kekuatan Transmisi Sinyal
 Table 4. Signal Transmission Strength Testing

Stasiun Pengamatan	Jarak (km)	Kekuatan Sinyal
1	1,00	Normal
2	2,00	Normal
3	3,00	Normal
4	3,05	Mulai terjadi delay
5	3,39	Sinyal terputus

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pengujian kekuatan transmisi sinyal LoRA dengan cara melakukan mobilitas dalam pemantauan data maka didapatkan

lima buah Titik atau stasiun pengamatan. Hasil ini menunjukkan kualitas transmisi data apabila jarak antara *transmitter* dengan *receiver* LoRA berada dalam radius 1 – 3 km maka kekuatan transmisi sinyal berada dalam kategori normal sehingga tampilan data hasil pengukuran secara *real-time* dapat dipantau secara stabil tanpa kendala. Namun, apabila sudah masuk ke Titik Pengamatan 4 dengan radius 3,05 km dari jarak *transmitter* maka sinyal mulai tidak stabil dan pengiriman data menjadi terganggu dan menghasilkan *delay*. Pada Titik Pengamatan 5 atau tepat di radius 3,39 maka sinyal terputus dan data kecepatan dan arah angin hilang dari *receiver* sehingga tidak dapat terpantau



Gambar 6. Peta Jangkauan Transmisi Sinyal
 Figure 6. Signal Transmission Coverage Map

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat sebuah prototipe stasiun pengukur kecepatan dan arah angin berbasis LoRA. Prototipe ini memiliki tingkat akurasi yang sangat baik sebesar 87,03% dibandingkan dengan anemometer yang umum digunakan di pasaran yaitu Benetech GM816. Hasil pengujian menunjukkan bahwa angin yang berhembus di Pantai Bulaksetra (PKPP) selama pengujian termasuk kategori angin lemah yang dominan berhembus dari arah tenggara. Radius terjauh dari transmisi sinyal LoRA mampu hingga 3 km menjadikan sistem transmisi ini efektif dan efisien dari segi biaya dibandingkan dengan sistem IoT yang membutuhkan koneksi internet. Saran untuk penelitian selanjutnya, sensor pada alat rancangan sebaiknya dikalibrasi di Stasiun Meteorologi milik Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) agar akurasi sensor dapat lebih baik lagi sehingga hasil pengukuran dapat lebih valid. Pengujian pada berbagai kondisi cuaca pun perlu dilakukan untuk mengukur jangkauan kekuatan transmisi sinyal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, W., Saripurna, D., Yakub, S., Studi Sistem Komputer, P., & Triguna Dharma, S. (2021). Analisis Kinerja LoRa (Long Range) berdasarkan Jarak dan Spreading Factor pada Area Rural. *Jurnal CyberTech*, 4(4), 1–13.
- Akbar, A. W., Hiron, N., & Nadrotan, N. (2019). Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan (Homer) Di Daerah Pesisir Pantai Pangandaran. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 1(1), 12–18.
- Aprinasyah, A., R, G., R, T., K, T., & Susanto, K. (2014). Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Sistem Mekanik Vibrasi Pita Dawai. *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta 2013*, 1–5.
- Ardiyanto, A., Arman, & Supriyadi, E. (2021). Alat Pengukur Suhu Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Inframerah dan Alarm Pendeteksi Suhu Tubuh di atas Normal. *Sinusoida*, 23(1), 11–21.
- Bahrin. (2017). Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno pada Universitas Ichsan Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(3), 282–289.
- Batong, A. R., Murdiyati, P., & Kurniawan, A. H. (2020). Analisis Kelayakan LoRa untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik di Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 1(2), 55–64.
- Benetech. (2024). Anemometer GM816. Diakses pada 27 Mei 2024, dari <http://www.benetech.co.net/en/products/gm816.html>.
- Derek, O., Allo, E. K., & Tulung, N. M. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin Dengan Koneksi Wireless Menggunakan Arduino Uno. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(4), 1–7.
- Hermansyah, D., Tadjuddah, M., Alimina, N., Mustafa, A., & Kamri, S. (2023). Pengaruh Angin dan Curah Hujan Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Layang yang Berbasis di PPS Kendari Sulawesi Tenggara. *PekaBuana: Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Manajemen Perikanan Tangkap*, 3(1), 1–14.
- Huda, M., Imansyah, F., Marpaung, J., & Yacoub, R. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Komunikasi Monitoring Level Air Pada Water Barrel Covid-19 Menggunakan Lora Dengan Model Point To Point. *Jurnal SI Teknik Elektro Untan*, 2(1), 1–11.
- Hunan Rika Electronic Tech Co., Ltd. (2024). RK110-02 Wind Direction Sensor Wind Vane Sensor. Diakses pada 14 Mei 2024, dari <https://www.rikasensor.com/rk110-02wind-direction-sensor-wind-vane-sensor.html>.
- Lusiani, Hendrawan, A., & Wahikun. (2018). Pengaruh Arah Dan Kecepatan Angin Terhadap Produksi Penangkapan Ikan Di Laut (Perairan Cilacap). *Job Outlook Mencari Atribut Ideal Lulusan Perguruan Tinggi*, 49–57.
- Ngarianto, H., & Gunawan, A. A. S. (2020). Pengembangan Automatic Pet Feeder Menggunakan Platform Blynk Berbasis

- Mikrokontroler ESP8266. *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*, 2(1), 35–40.
- Nugroho, F., Farhan, D. H., & Prambodo, Y. L. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Arah dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Arduino. *Jurnal Information System*, 2(1), 88–94.
- Nurhayati, & Aminuddin, J. (2016). Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Evapotranspirasi Berdasarkan Metode Penman Di Kebun Stroberi Purbalingga. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 2(1), 21–28.
- Prabowo, R., Muid, A., & Adriat, R. (2018). Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler ATMega 328P. *Teknik Elektro*, VI(2), 94–100.
- Rumsarwir, J. M., Mamoto, J. D., & Tangkudung, N. J. A. (2023). Model Distribusi Kecepatan Angin untuk Peramalan Gelombang dengan Menggunakan Metode Darbyshire dan SPM di Di Sindulang Kecamatan Tuminting Kota Manado Sulawesi Utara. *TEKNO*, 21(86), 1991–2000.
- Safii, M., Seltika, D., Vidy, & Djumhadi. (2023). Perancangan Monitoring Teknologi Long Range (LoRa) untuk Mendeteksi Kekeringan Tanah Berbasis IOT. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 15(2), 177–185.
- Setyawan, W. B., & Pamungkas, A. (2017). Perbandingan Karakteristik Oseanografi Pesisir Utara dan Selatan Pulau Jawa: Pasang-Surut, Arus, dan Gelombang. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan*, September, 191–202.
- Syafrina, A., & Felly, R. (2023). Kajian Sirkulasi Ruang Luar Terhadap Aliran Angin Pada Permukiman Padat Taman Sari Kota Bandung. *Review of Urbanism and Architectural Studies*, 21(1), 11–20.
- Tan, Z. A., Rahman, M. T. A., Rahman, A., Hamid, A. F. A., Amin, N. A. M., Munir, H. A., & Zabidi, M. M. M. (2019). Analysis on LoRa RSSI in Urban, Suburban, and Rural Area for Handover Signal Strength-Based Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 705(1–6).
- Trenggono, M., & Agustyadi, T. (2019). Observasi Parameter Meteo-Oseanografi dalam Musim Peralihan I di Selat Lirang. *Akuatika Indonesia*, 3(1), 60–73.
- Widianto, E. D., Faizal, A. A., Eridani, D., Augustinus, R. D. O., & Pakpahan, M. S. (2019). Simple LoRa Protocol: Protokol Komunikasi LoRa Untuk Sistem Pemantauan Multisensor. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 5(2), 83–92.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E., & Sucahyo, I. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4, 150–156.
- Yanziah, A., Soim, S., & Rose, M. M. (2020). Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet Loss pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 13(1), 59–67.

