



## Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Radiasi Matahari Kecepatan Angin dan Arah Angin Sebagai Studi Potensi Energi Terbarukan

Ahmad Fahriannur <sup>1\*</sup>, Hanafi Ambas <sup>2</sup>, Dedy Eko Rahmanto <sup>3</sup>

**Sitasi:** Fahriannur, Ahmad.; Ambas, Hanafi.; Rahmanto, Dedy E. (2024). Perancangan Sistem *Monitoring* Radiasi Matahari Kecepatan Angin dan Arah Angin Sebagai Studi Potensi Energi Terbarukan . J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(3) N(1), hlm. 10 – 16.

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

\* Korespondensi: ahmad\_fahriannur@polije.ac.id

**Abstract:** The development of technology in the energy sector for generating electricity using renewable energy in Indonesia has great potential and is needed. Indonesia is a tropical country that is exposed to sunlight almost all year round and wind conditions that have the potential for the implementation of Wind Power Plants (PLTB) and Solar Power Plants (PLTS). So a tool is needed that can measure the potential for renewable energy in a place. Based on this, a microcontroller-based monitoring system was created with a datalogger storage method. The system can measure wind speed, wind direction and solar irradiation which is placed on the rooftop of the Engineering Building on the 6th floor of the Jember State Polytechnic. Sensor data is recorded for 1 month with data collection per second. The results of measurements for 1 month can be analyzed that the average wind speed is 2-4 m/s with a north facing direction, and the average solar irradiation value is 4.4 kWh/m<sup>2</sup>/day

**Keywords:** energy, wind speed; wind direction; solar irradiation; potential



**Copyright:** © 2024 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

**Abstrak:** Pengembangan teknologi dibidang energi untuk pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan di Indonesia sangat berpotensi dan dibutuhkan. Indonesia merupakan negara tropis yang terekspos sinar matahari hampir sepanjang tahun dan kondisi angin yang berpotensi untuk penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) serta Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sehingga diperlukan alat yang dapat mengukur potensi energi terbarukan pada suatu tempat. Berdasarkan hal tersebut, dibuatlah sistem monitoring berbasis mikrokontroler dengan metode penyimpanan datalogger. Sistem dapat mengukur kecepatan angin, arah angin dan iradiasi matahari yang diletakkan pada rooftop Gedung Teknik lantai 6 Politeknik Negeri Jember. Data sensor direkam selama 1 bulan dengan pengambilan data per detik. Hasil pengukuran selama 1 bulan dapat dianalisis bahwa rata-rata kecepatan anginnya 2-4 m/s dengan arah hadap sebelah utara, dan rata-rata nilai iradiasi matahari sebesar 4,4 kWh/m<sup>2</sup>/hari.

**Kata kunci:** arah angin, energi, iradiasi matahari, kecepatan angin; potensi,

### 1. Pendahuluan

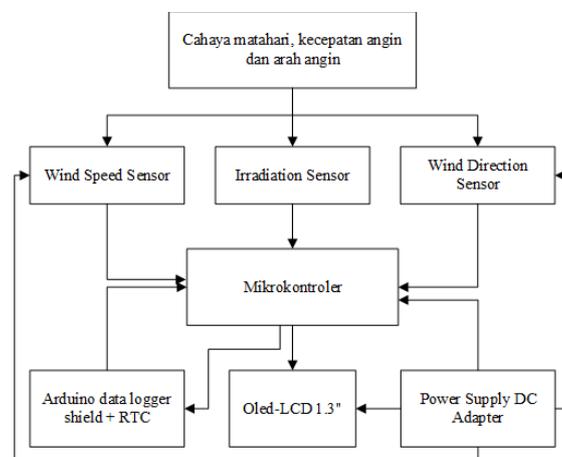
Energi merupakan bagian terpenting dalam kehidupan kita sehari-hari karena sebagian besar aktivitas dan kebutuhan manusia selalu membutuhkan energi. Antara lain seperti contoh energi yang digunakan untuk kebutuhan penerangan, pertanian, perkebunan, proses perindustrian, dan dalam pengoperasian alat lainnya.

Pengembangan teknologi dibidang energi untuk pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan di Indonesia sangat berpotensi dan dibutuhkan. Indonesia merupakan negara tropis yang terekspos sinar matahari hampir sepanjang tahun dan kondisi angin yang berpotensi untuk penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) serta Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam membangun sistem pembangkit diperlukan beberapa pertimbangan diantaranya adalah pemilihan komponen yang tepat disesuaikan dengan kondisi lokasi dan potensi energinya. Untuk mengetahui potensi energi dapat dilakukan melalui prakiraan cuaca dari data BMKG [1][2] yang bisa diamati secara berkala melalui smartphone. Namun, diperlukan adanya studi potensi energi terbarukan dengan melakukan pengukuran dan pengambilan data secara detail dan teliti untuk penerapan pembangkit listrik yang akan dibuat, supaya informasi yang diperoleh lebih akurat. Miranda [3] menganalisis potensi energi angin di daerah Kota Banyuwangi menggunakan Database Online BMKG, sehingga diperoleh perkiraan daya yang bisa dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan memperhitungkan luas sapuan bilah turbin angin. Suwarti [4] membangun alat monitoring energi angin dan matahari menggunakan android dengan aplikasi Blynk, dimana dapat diakses secara online dan tersimpan ke dalam database komputer dengan memanfaatkan koneksi internet.

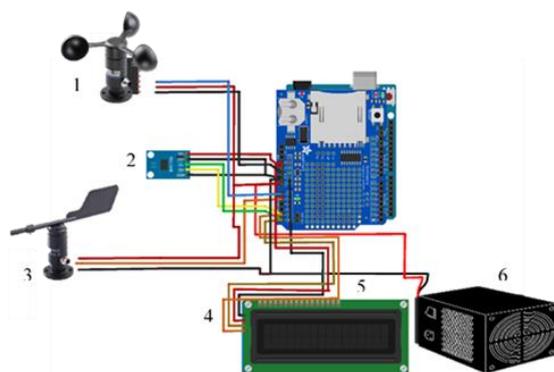
Pada penelitian ini, dibangun sistem monitoring kecepatan angin, arah angin dan iradiasi matahari yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi pada lokasi tersebut. Data sistem tersimpan secara realtime per detik kedalam SD card pada mikrokontroller. Kapasitas penyimpanan dapat dilakukan hingga 1 tahun, sehingga dapat dianalisis potensi energinya dalam kurun waktu tersebut.

## 2. Bahan dan Metode

Sistem monitoring dibangun menggunakan 3 jenis sensor, diantaranya adalah sensor kecepatan angin, sensor arah angin, dan sensor intensitas radiasi matahari. Ketiga sensor tersebut dibaca oleh perangkat mikrokontroller Arduino Uno kemudian ditampilkan ke LCD karakter 16x2 dan disimpan kedalam memory SD card. Sistem ini juga dilengkapi dengan *real time clock* (RTC) sehingga dapat diketahui tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik data tersimpan. Diagram blok sistem dan *wiring* diagram secara berturut – turut ditunjukkan dalam gambar 1 dan gambar 2, dimana sistem diaktifkan menggunakan *power supply*.



Gambar 1. Diagram Blok Prinsip Kerja Sistem

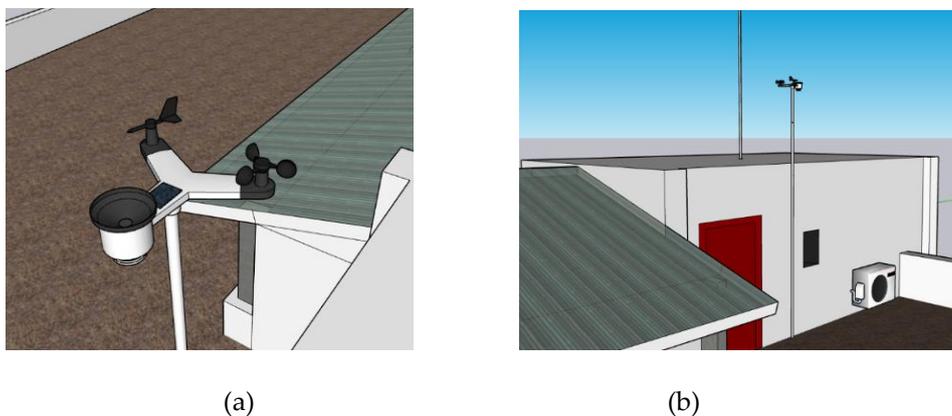


Gambar 2. Wiring Diagram Sistem

**Keterangan :**

1. Sensor kecepatan angin
2. Sensor iradiasi (BH1750)
3. Sensor kecepatan angin
4. Modul *display* LCD
5. Arduino Uno
6. Power supply DC
7. Datalogger + RTC

Instalasi sistem dilakukan pada tiang pipa sepanjang 2 meter yang diletakkan di *rooftop* Gedung Teknik Lantai 6 Politeknik Negeri Jember. Sensor kecepatan angin dan arah angin berada pada samping ujung tower, sedang sensor iradiasi berbentuk setengah bola berada diantara kedua sensor yang ditunjukkan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Perancangan Instalasi Sensor. (a) Peletakan sensor iradiasi, sensor arah angin dan sensor kecepatan angin, (b) Peletakan tiang sensor pada *rooftop* gedung teknik.

**3. Hasil**

Sebelum sensor diintegrasikan seluruhnya, dilakukan pengujian masing-masing sensor terlebih dahulu. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur obyek secara bersamaan antara sensor dengan alat ukur di laboratorium, kemudian hasil pembacaan dari keduanya dibandingkan untuk dianalisis persentase perbedaan ukurnya dan selanjutnya dilakukan kalibrasi sensor untuk memperkecil nilai *error* nya [5]. Hasil pembacaan sensor intensitas radiasi matahari yang dibandingkan dengan Solar Power Meter [6,7] ditunjukkan dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sensor Iradiasi Matahari

<i>Sensor (W/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Solar meter (W/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Error (%)</i>
1453.21	1455	0.123
1552.43	1553	0.037
324.77	328	0.985
664.43	664.9	0.072
281.52	284	0.873

Pada tabel 1 dikolom *Sensor (W/m<sup>2</sup>)* dan *Solar meter (W/m<sup>2</sup>)* diganti dengan variabel *x* dan *y* untuk dibuat persamaan sehingga diperoleh hasil kalibrasinya [8]. Persamaan 1 menunjukkan persamaan hasil kalibrasinya. Dimana *x* adalah hasil pembacaan sensor dan *y* adalah nilai hasil kalibrasi sensor.

$$y = 0,9988x + 2,7169 \tag{1}$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase perbedaan pengukuran di kedua perangkat sangat kecil yaitu kurang dari 2%. Demikian juga pada hasil pengukuran sensor arah kecepatan angin yang dibandingkan dengan pembacaan

kompas yang ditunjukkan dalam tabel 2. Dokumentasi pengukuran arah mata angin menggunakan kompas ditunjukkan pada gambar 4.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sensor Arah Angin

<i>Sensor (°)</i>	<i>Kompas (°)</i>	<i>Error (%)</i>
0	0	0
43	45	4.4
90	90	0
133	135	1.48
223	225	0.88
270	270	0
312	315	0.95
360	360	0



**Gambar 4.** Pengukuran Arah Mata Angin Menggunakan Kompas

Hasil pengujian sensor dan kompas kemudian dibandingkan dan dikalibrasi supaya hasil pembacaan sensor nilainya mendekati atau sama dengan hasil pembacaan kompas. Persamaan 2 menunjukkan persamaan hasil kalibrasi sensor, dimana variabel  $x$  adalah nilai sensor dan  $y$  adalah nilai setelah dikalibrasi.

$$y = 0,9989x + 1,5413 \tag{2}$$

Pengujian yang ketiga adalah pengujian sensor kecepatan angin yang dibandingkan hasilnya menggunakan anemometer. Kedua perangkat dihadapkan secara bersamaan pada kipas angin yang divariasikan kecepatannya. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam tabel 3, dimana persentase perbedaan alat ukur kurang dari 3%.

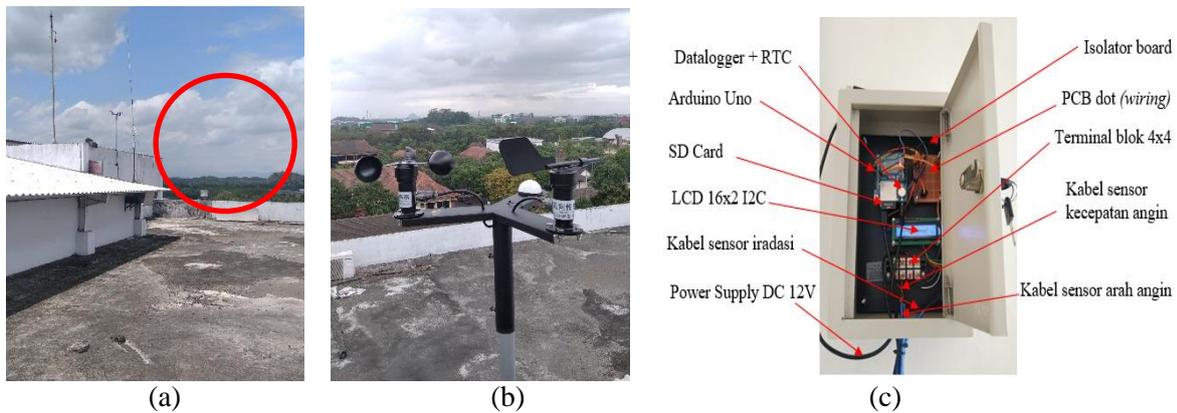
**Tabel 3.** Hasil Pengujian Sensor Kecepatan Angin

<i>Sensor (m/s)</i>	<i>Anemometer (m/s)</i>	<i>Error (%)</i>
1.12	1.14	1.75
1.79	1.84	2.79
3.1	3.12	0.65
3.12	3.12	0
4.1	4.21	2.68

Pada tabel 3 dapat dianalisis bahwa masih terdapat perbedaan hasil pengukuran antara nilai sensor dan nilai pembacaan Anemometer, sehingga diperlukan kalibrasi sensor untuk meminimalisasi nilai persentase *error*. Persamaan 3 menunjukkan hasil kalibrasi sensor, dimana variabel  $x$  adalah hasil pembacaan sensor dan  $y$  adalah nilai setelah dikalibrasi

$$y = 1.0171x - 0,0052 \tag{3}$$

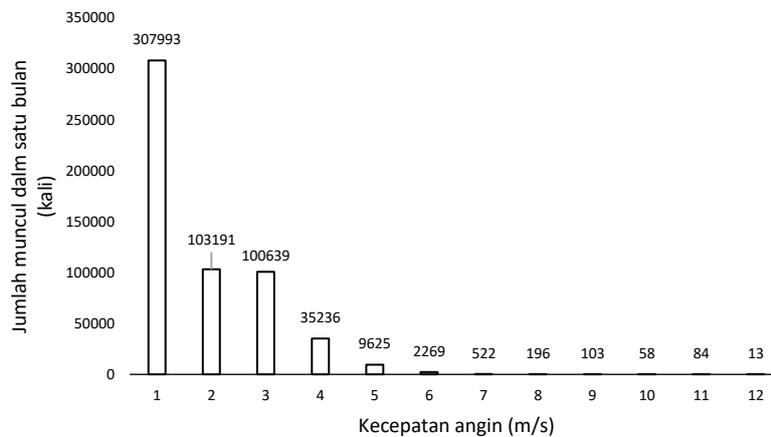
Selanjutnya dilakukan integrasi sensor dan instalasinya seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5.



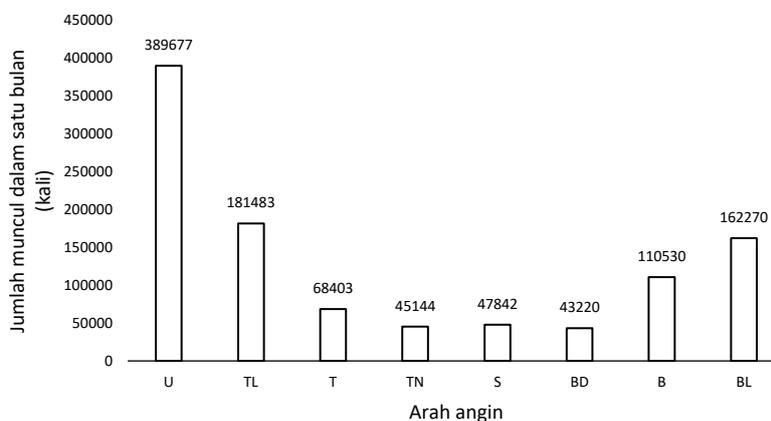
**Gambar 5.** Hasil Pemasangan Sensor. (a) Peletakan sensor di rooftop, (b) Integrasi sensor iradiasi, sensor kecepatan angin dan sensor arah angin, (c) perangkat kontrol sensor.

#### 4. Pembahasan

Data hasil pembacaan seluruh sensor disimpan secara *realtime* per detik ke dalam memory SD card. Informasi data berupa kecepatan angin, arah angin dan iradiasi matahari disimpan selama 1 bulan. Kemudian data dianalisis dengan cara mengelompokkan dengan rentang nilai tertentu dan dihitung berapa kali nilai tersebut muncul dalam waktu 1 bulan. Gambar 6 dan gambar 7 berturut-turut menunjukkan hasil pembacaan data kecepatan angin dan arah angin yang dilakukan pada rooftop Gedung Teknik lantai 6 Politeknik Negeri Jember.



**Gambar 6.** Grafik Kecepatan Angin Dalam 1 Bulan



**Gambar 7.** Grafik Arah Angin Dalam 1 Bulan

Gambar 6 menunjukkan bahwa di lantai 6 gedung teknik terdapat kecepatan angin pada 1 – 12 m/s. Kecepatan angin 12 m/s yang paling jarang terjadi dimana hanya muncul 13 kali dalam 1 bulan. Rata-rata kecepatan angin yang paling banyak muncul adalah pada kecepatan angin  $\pm 1$  m/s yang muncul sebanyak 307.993 kali dalam 1 bulan, kemudian diikuti oleh angin pada kecepatan 2 – 4 m/s. Lokasi pengukuran berada pada jarak  $\pm 40$  km dari pantai selatan, sehingga sangat dimungkinkan nilai kecepatan anginnya rendah [13,14]. Sedangkan untuk arah angin pada gambar 7 yang paling banyak muncul pada arah utara yaitu sebanyak 389677 kali. Data tersebut menunjukkan bahwa di *rooftop* gedung teknik lantai 6 dapat dipasang turbin angin dengan spesifikasi generator dan bilah tertentu supaya dapat berputar pada kecepatan angin 2 – 4 m/s. Jika turbin angin yang dipilih adalah jenis turbin horizontal [9-11], maka pemasangannya dihadapkan pada arah Utara sesuai hasil pembacaan sensor arah angin.

Selanjutnya untuk Potensi energi matahari dapat dilihat dari hasil pengambilan data iradiasi keseluruhan. Data iradiasi (per 2 detik selama 24 jam) dikelompokkan menjadi 4 data yaitu pada minggu pertama, kedua, ketiga dan keempat. Pengolahan data per minggu didapatkan rata – rata nilai iradiasi seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Sensor Iradiasi Matahari dalam 1 bulan

No	Waktu	Nilai rata-rata Iradiasi		
		Watt/m <sup>2</sup>	kW/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> /hari
1	Minggu ke - 1	1146.16	1.14	4.56
2	Minggu ke - 2	1134.52	1.13	4.52
3	Minggu ke - 3	978.41	0.97	3.88
4	Minggu ke - 4	1152.39	1.15	4.60
Rata – rata total		1102.87	1.10	4.4

Data iradiasi keseluruhan selama 1 bulan menunjukkan bahwa potensi energi matahari di *rooftop* Gedung Teknik layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan. Rata – rata nilai iradiasi total pada insolasi per minggu dengan lama penyinaran 4 jam adalah sebesar 1102,87 Watt/m<sup>2</sup> atau sekitar 4,4 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Hal tersebut dikarenakan potensi energi matahari di Indonesia rata-rata sebesar 4,4 - 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari [15].

## 5. Kesimpulan

Sistem monitoring yang dibangun di *rooftop* Gedung Teknik Lantai 6 Politeknik Negeri Jember berhasil memonitor kecepatan angin, arah angin dan iradiasi matahari dalam kurun waktu 1 bulan. Data tersimpan kedalam SD card, kemudian dilakukan analisis potensi energi yang menyatakan bahwa potensi energi angin di *rooftop* sangat rendah (2-4 m/s) sehingga diperlukan pemilihan turbin angin yang tepat supaya dapat menghasilkan daya. Namun, sangat berpotensi untuk pemasangan energi surya yang memiliki rata-rata penyinaran sebesar 4,4 kWh/m<sup>2</sup>/hari.

**Ucapan Terima Kasih:** Penulis menyampaikan terimakasih kepada Laboratorium Listrik dan Pembangkitan Daya Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

## Referensi

- [1] Hutabarat Y.H.M, "Pengembangan Sistem Informasi Prakiraan Cuaca Berbasis Dampak Menggunakan Model Prakiraan Cuaca Numerik Untuk Wilayah Jakarta", Jurnal Widya Climango, Vol. 2, No. 2, November 2020
- [2] Prasetya, Ratih, " Penerapan Teknik Data Mining Dengan Algoritma *Classification Tree* Untuk Prediksi Hujan", Jurnal Widya Climango, Vol. 2, No. 2, November 2020
- [3] Murniati M.E, Sudarti, "Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Energi Listrik Tenaga Angin di Daerah Banyuwangi Kota Menggunakan Database Online-BMKG," Jurnal Energi Surya, vol. 6, No. 1. Hal. 9-16, September 2021
- [4] Suwarti, Mulyono, M. Haqqi, Murita P.Z, Nur R. T.R, Setyo H. W, "Monitoring Potensi Energi Angin dan Matahari di Lingkungan Politeknik Negeri Semarang Berbasis Android Dengan Aplikasi Blynk," EKSERGI : Jurnal Tekni Energi, vol. 16, No. 1. Hal. 1-12, Januari 2020
- [5] Khotimah O, Dudi D, Endang R, "Perangkat dan Metoda Kalibrasi Sensor Universal", e-Proceeding of Engineering, Vol.9, No.3. Hal. 866 – 874. Juni 2022
- [6] Arif N, Kastono, "Potensi Energi Surya sebagai Energi Listrik Alternatif berbasis RETScreen di Kota Palopo, Indonesia", Dewanatara J. Tech, Vol. 01, No. 01. Hal. 38-42. November 2020
- [7] Afif F, Awaludin M, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia", Jurnal Engine : Energi, Manufaktur dan Material, Vol. 6. No. 1. Hal. 43-52, 2022

- 
- [8] Ari B S U, "Kalibrasi Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Untuk Sistem Pengukuran Kelembaban Tanah Berbasis Arduino UNO", *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol. 7. No.1. Hal. 62-71. Juni 2023
- [9] Yuliananda S, Gede S, RA Retno H, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya", *JPM17 : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol. 1. No. 02. Hal. 193 – 202, November 2015.
- [10] Novrita RR, Sudarti, Yushardi, "Analisis Potensi Energi Angin di Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik", *Journal of Research and Education Chemistry*, Vol. 03, No. 02. Hal. 96-102. Oktober 2021.
- [11] Faisal M, Ida ASA, Sultan, "Analisis Potensi Energi Angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Skala Mikro di Kabupaten Dompu", *Dielektrika : Jurnal Ilmiah Kajian Teori dan Aplikasi Teknik Elektro*, Vol. 9. No. 1, Hal. 26 – 32. Februari 2022
- [12] Fernando M, Lie J, Rukmi SH, "Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 21, No. 01, Hal. 135 – 142. Juni 2022.
- [13] Purwanti N Y N, Sudarti, Yushardi, "Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Skala Mikro di Pesisir Pantai Puger Jember", *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, Vol. 9. No. 1. Hal. 8 – 15. Oktober 2023
- [14] Firdaus A R, Nasrul I, Aris M, "Analisis Potensi Energi Angin Memanfaatkan Kendaraan Yang Bergerak di Jalan PB Sudirman Patrang Jember", *SJME Kinematika*, Vol. 7. No. 1. Hal. 27-38. Juni 2022
- [15] Efriansyah D A, Afriyastuti H, Ika N A, Reza S R, Yuli R, "Analisis Potensi Energi Matahari dan Pembangkit Daya pada PLTS Sebagai Sumber Rumah Energi Terbarukan Sederhana di Kota Bengkulu.", *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 9, No. 1, Hal. 8258 – 8267. Januari 2024