

UJI VARIASI PANJANG *BLADE* TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Nur Kholis, Elfi Yuliza, Riska Ekawita*

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, 38121, Indonesia

*e-mail: rekawita@unib.ac.id

ABSTRAK

Posisi Provinsi Bengkulu yang berada di kawasan pesisir menjadikan provinsi ini memiliki kecepatan angin yang relatif tinggi. Hal ini merupakan peluang energi listrik terbarukan bagi Provinsi Bengkulu. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan panjang blade turbin angin untuk menghasilkan sumber energi listrik terbarukan. Penelitian ini dilakukan dengan merancang bangun hardware dan software turbin angin sumbu horizontal. Turbin angin dilengkapi oleh sensor dan mikrokontroler dalam pembacaan energi yang dihasilkan. Pengujian variasi panjang blade turbin angin dilakukan untuk memperoleh ukuran blade yang paling optimal. Variasi panjang blade yang diujikan 30 cm, 45 cm dan 60 cm. Kalibrasi sensor dan blade dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan catu daya, multimeter, anemometer dan kipas sebagai sumber angin. Pengujian turbin angin secara keseluruhan dilakukan di Pantai Sungai Suci Bengkulu. Panjang blade 30 cm menghasilkan nilai tegangan dan arus paling tinggi 9,08 volt dan arus sebesar 32,1 mA pada saat kecepatan angin 4,9 m/s.

Kata Kunci: Daya; Energi Angin; Listrik; Prototype; Turbin Angin

ABSTRACT

[Title: Blade Length Variation Test of Horizontal Axis Wind Turbine Using Microcontroller] The position of Bengkulu Province which is in the coastal area makes this province has a relatively high wind speed. This is an opportunity for renewable electrical energy for Bengkulu Province. This research was conducted by varying the length of the wind turbine blade to produce a renewable source of electrical energy. This research was conducted by designing the hardware and software for a horizontal axis wind turbine. The wind turbine is equipped with sensors and a microcontroller in the reading of the energy produced. The wind turbine blade length variation test was carried out to obtain the most optimal blade size. The variations of blade length tested were 30 cm, 45 cm and 60 cm. Sensor and blade calibration is carried out on a laboratory scale using a power supply, a multimeter, anemometer and fan as a wind source. Overall wind turbine testing on the Coast of the Sungai Suci Bengkulu. The 30 cm blade length variation produces the highest voltage and current values, with the highest voltage being 9.08 volts and a current of 32.1 mA at a wind speed of 4.9 m/s.

Keywords: Power; Wind Energy; Electricity Generator; Prototype; Wind Turbine

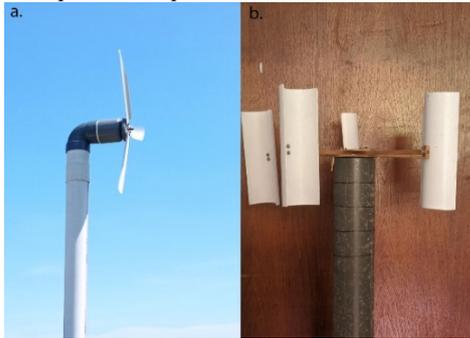
PENDAHULUAN

Sumber energi listrik mayoritas dari bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas yang mengakibatkan bahan bakar fosil menipis, sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif terbarukan yang dapat digunakan sebagai penghasil energi listrik (Wibawa, 2017). Pemerintah Bengkulu belum optimal dalam pemanfaatan energi angin sebagai energi listrik alternatif, sementara energi angin berlimpah. Menurut Priyadi et al., 2018 kecepatan angin di pesisir pantai Bengkulu rata-rata antara 1 m/s sampai 5 m/s, sehingga memungkinkan untuk dibangun pembangkit listrik tenaga angin skala kecil sampai dengan menengah (Bahari, 2015).

Prinsip utama pembangkit listrik tenaga angin adalah mengubah energi angin menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik tersebut diubah menjadi energi listrik menggunakan generator (Puspawan et al., 2018). Generator listrik merupakan mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Latif et al., 2013).

Turbin angin merupakan bagian pembangkit listrik tenaga angin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik (Irfa, 2020). *Blade* merupakan bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi sebagai penerima energi angin (Firmansyah & Zulkarnain, 2012). Terdapat dua tipe turbin angin yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga

angin, yaitu tipe turbin sumbu horizontal dan tipe turbin sumbu vertikal (Wijayanti et al., 2015). Tipe turbin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. a. Turbin angin sumbu horizontal dan
b. Turbin angin sumbu vertikal

Masing-masing tipe turbin angin memiliki kelebihan dan kekurangan. Tipe turbin angin sumbu horizontal mempunyai efisiensi yang tinggi, *cut-in wind* rendah, proses pembuatan dan perakitannya mudah, namun hanya bergantung pada arah angin yang searah dengan sumbunya (Prakoso et al., 2016). Indriani et al., 2019 memperoleh hasil penelitian bahwa turbin angin sumbu horizontal dapat digunakan untuk kecepatan angin yang rendah hingga kecepatan angin sedang.

Bentuk, ukuran dan jumlah *blade* mempengaruhi kinerja turbin angin sumbu horizontal. Berbagai penelitian masih dikembangkan untuk mendapatkan energi angin paling optimal dengan turbin sumbu horizontal (Nongdhar & Goswami, 2018). Beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, diantaranya oleh Indriani et al., 2019 membandingkan perubahan kecepatan angin dengan tegangan yang dihasilkan dari turbin angin, pengukuran yang dilakukan masih secara manual menggunakan multimeter. Penelitian Sayoga et al., 2014 membandingkan besarnya daya yang dihasilkan dengan jumlah *blade* yang digunakan, pada penelitian ini belum dibahas pengaruh panjang *blade* terhadap tegangan yang dihasilkan. Penelitian oleh Simanjuntak et al., 2020 membandingkan jumlah *blade* dan panjang *blade* dengan menggunakan simulasi *software*, namun dalam bentuk *prototype* belum dilakukan padahal kondisi ideal pada *software* belum tentu dapat diterapkan semua dalam kondisi *real*.

Berdasarkan potensi angin di wilayah Bengkulu, perkembangan penelitian terkait dengan turbin angin sumbu horizontal, dan beberapa kekurangan dari penelitian sebelum seperti yang sudah dibahas, maka pada penelitian ini dilakukan uji variasi panjang *blade* pada turbin angin sumbu horizontal dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor. Sensor digunakan untuk pembacaan tegangan dan arus secara otomatis dan hasil pengukuran

ditampilkan pada *liquid crystal display* (LCD), sehingga pengukuran secara manual dapat dikurangi. Sistem yang dibangun dan pengujian yang dilakukan akan terlihat waktu pengukuran dan potensi angin yang dapat menghasilkan energi listrik secara maksimal.

KOMPONEN PENDUKUNG UJI TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL

Pengujian *blade* dengan variasi panjang pada turbin angin sumbu horizontal dilakukan dengan menggabungkan beberapa komponen elektronik seperti mikrokontroler, sensor dan *display* untuk memudahkan pengujian.

1. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan bagian pengolah data yang terdiri dari *chips* prosesor. Terdapat berbagai jenis mikrokontroler, salah satunya yang banyak digunakan saat ini adalah Arduino UNO. Arduino mengolah input dari berbagai sensor seperti biometrik, gerakan, listrik, cahaya, lokasi, dan lain-lain yang dipasang di papan Arduino (Pratmanto, 2019).

2. Modul sensor INA219

Sensor INA219 memiliki fungsi sebagai pengukur tegangan dan arus. Sensor INA219 merupakan modul sensor yang memiliki kemampuan untuk mengukur sumber 0 volt sampai dengan 26 volt DC dan arus 0 ampere sampai dengan 3,2 ampere (Instruments, 2015).

3. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD merupakan suatu layar terbuat dari bahan cairan kristal yang menggunakan sistem operasi dot matrix. LCD terdapat 16 karakter yang bisa menampilkan huruf dan angka (Simanjuntak & Tamaji, 2020).

4. Modul SD card

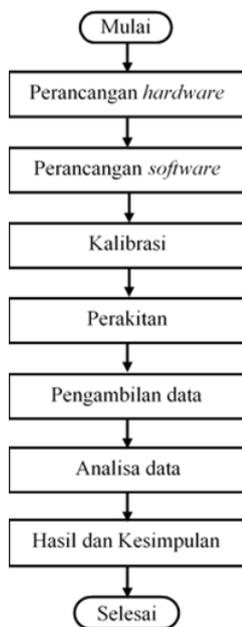
Modul SD card merupakan modul untuk mengakses *micro-SD* untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (*serial peripheral interface*). Data tersebut dapat berupa data gambar, data tulisan, data angka, data video, data audio, maupun data dokumen. Terdapat beberapa pin pada modul SD card yaitu GND, VCC, MISO, MOSI, SCK dan CS (Susana et al., 2016).

5. Modul sensor RTC (*Real Time Clock*)

Modul RTC dapat membaca waktu secara real time. Modul RCT dapat bekerja dengan input tegangan 3,3 volt (Pawar et al., 2019).

METODE

Mode eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan merancang bangun sistem yang diuji. Mulai dari perancangan *hardware* turbin, baik itu sistem elektronik ataupun mekanik. Kemudian dilakukan dengan pembuatan *software* yang akan ditanamkan pada mikrokontroler sebagai kendali pada keseluruhan sistem. Setelah itu dilakukan kalibrasi sensor INA219 yang digunakan pada pengujian *blade* turbin angin sumbu horizontal. Perakitan dan penggabungan bagian *hardware*, elektronik dan mekanik, dilakukan sebelum tahapan pengukuran di lapangan/pengambilan data dan analisa. Secara keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



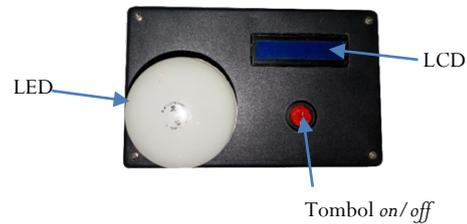
Gambar 2. Diagram alir penelitian

Variasi *blade* telah dilakukan oleh Simanjuntak et al., 2020 dalam bentuk simulasi panjang *blade* menggunakan *software* tertentu. Pada penelitian ini variasi *blade* dilakukan berupa *prototype*, dengan variasi panjang *blade* adalah 30 cm, 45 cm, dan 60 cm. Bentuk turbin angin dapat dilihat pada Gambar 3.



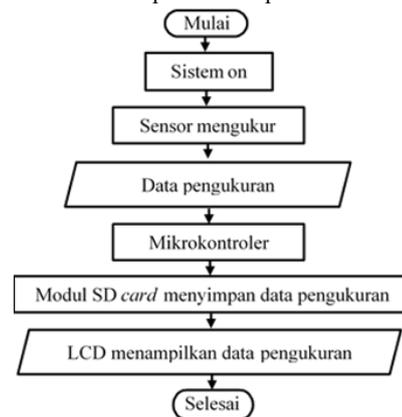
Gambar 3. Turbin angin sumbu horizontal

Gambar 4 merupakan *box* elektronik yang digunakan pada turbin angin sumbu horizontal. Perangkat elektronik tersebut terdiri dari Arduino UNO, generator, rangkaian penyearah, baterai, sensor INA219, sensor RTC, modul *micro*-SD, LED dan LCD.



Gambar 4. *Box* rangkaian elektronik

Perancangan *software* dilakukan dengan menggunakan *software* IDE. *Software* terdiri dari program pengukuran tegangan, menampilkan hasil pengukuran, menyimpan informasi waktu dan tanggal data pengukuran serta penyimpanan data hasil pengukuran. Program yang telah dibuat diupload ke mikrokontroler Arduino UNO. Alur kerja dari program tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

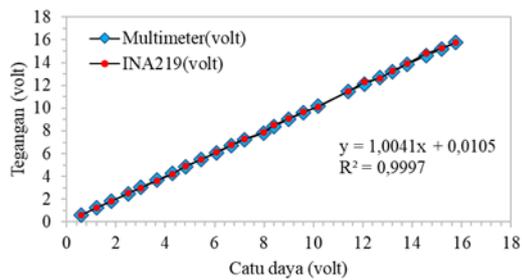


Gambar 5. Diagram alir program

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan panjang *blade* 30 cm, 45 cm dan 60 cm. Setiap panjang *blade* yang digunakan diukur nilai arus dan tegangan yang dihasilkan dari turbin angin. Data kecepatan angin diambil dengan menggunakan anemometer. Data yang didapat dianalisis menggunakan Microsoft Excel berupa grafik perbandingan arus dan tegangan dengan kecepatan angin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran arus dan tegangan pada sensor INA219 menggunakan multimeter digital. Gambar 6 menunjukkan hasil kalibrasi tegangan dengan menggunakan sensor INA219.



Gambar 6. Hasil kalibrasi tegangan sensor INA219

Hasil kalibrasi sensor INA219 pada Gambar 6 menunjukkan hubungan linier. Perubahan tegangan dari catu daya terbaca oleh sensor INA219 dan multimeter bernilai sama, dengan persamaan linier $y=1,0041x + 0,0105$ dan $R^2 = 0,9997$.

Tabel 1 merupakan hasil pengujian *blade* dengan kecepatan angin tertentu. Variasi kecepatan angin diperoleh dengan menggunakan sumber angin dari kipas angin. Kipas angin terdiri dari 3 variasi kecepatan angin.

Tabel 1. Data pengujian turbin angin

No.	Panjang <i>blade</i>	Kecepatan angin (m/s)	Tegangan (volt)	Arus (mA)
1.	30 cm	2,4	4,5	0,7
		3,6	5,5	1,6
		4,1	6,59	2
2.	45 cm	2,4	1,65	0,1
		3,6	2,2	0,12
		4,1	4,1	0,14
3.	60 cm	2,4	0	0
		3,6	0	0
		4,1	1,1	0

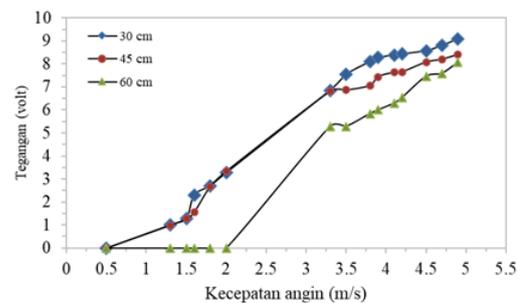
Pada Tabel 1 terlihat besarnya tegangan yang dihasilkan dari uji coba dengan menggunakan kipas angin menunjukkan nilai tegangan yang diperoleh semakin kecil dengan adanya penambahan panjang *blade*, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Libii & Drahozal, 2012 menunjukkan hasil pengujian *blade* dengan menggunakan sumber energi angin dari kipas angin menghasilkan putaran *blade* yang lebih rendah sesuai dengan penambahan panjang *blade*, dengan variasi panjang *blade* yang digunakan yaitu 11,43 cm, 15,24 cm, 19,05 cm dan 22,86 cm. Panjang *blade* 30 cm pada kecepatan angin 4,1 m/s menghasilkan tegangan sebesar 6,59 volt dengan arus sebesar 2 mA. Panjang *blade* 45 cm pada kecepatan angin 4,1 m/s menghasilkan tegangan sebesar 4,1 volt dengan arus sebesar 0,14 mA. Panjang *blade* 60 cm pada kecepatan angin 4,1 m/s menghasilkan tegangan sebesar 1,1 vol dengan arus sebesar 0 mA.

Pengukuran tegangan pada turbin angin sumbu horizontal yang dilakukan di Pantai Sungai

Suci Bengkulu (Gambar 7) dengan hasil pengukuran pada Gambar 8.

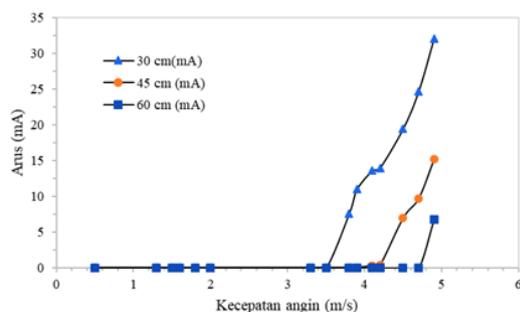


Gambar 7. Pengambilan data



Gambar 8. Perbandingan kecepatan angin dengan tegangan pada panjang *blade* 30 cm, 45 cm, dan 60 cm.

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan dari masing-masing panjang *blade* berbeda-beda. Nilai tegangan tertinggi pada panjang *blade* 30 cm yaitu 9,08 volt pada kecepatan angin 4,9 m/s, Nilai tegangan tertinggi pada panjang *blade* 45 cm yaitu 8,4 volt pada kecepatan angin 4,9 m/s dan nilai tegangan tertinggi pada panjang *blade* 60 yaitu cm 8,06 volt pada kecepatan angin 4,9 m/s. Nilai tegangan terendah pada panjang *blade* 30 yaitu 0 volt pada kecepatan angin 0,5 m/s, nilai tegangan terendah pada panjang *blade* 45 cm yaitu 0 volt pada kecepatan angin 0,5 m/s dan nilai tegangan terendah pada panjang *blade* 60 cm yaitu 0 volt pada kecepatan angin 0,5 m/s. Hasil pengukuran arus pada turbin angin sumbu horizontal yang dilakukan di Pantai Sungai Suci dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan kecepatan angin dengan arus pada panjang *blade* 30 cm, 45 cm, dan 60 cm.

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan pada setiap panjang *blade* berbeda-beda sesuai dengan kecepatan angin yang diterima oleh *blade*. Panjang *blade* 30 cm dengan kecepatan angin 4,9 m/s menghasilkan arus terbesar 32,1 mA dan terendah 0 mA dengan kecepatan angin 0,5 m/s. Panjang *blade* 45 cm menghasilkan arus terbesar 15,2 mA dan terendah 0 mA dengan kecepatan angin 0,5 m/s. Panjang *blade* 60 cm menghasilkan arus terbesar 6,8 mA dan terendah 0 mA dengan kecepatan angin 0,5 m/s.

Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9 dapat diketahui panjang *blade* yang menghasilkan tegangan dan arus paling besar dari ketiga variasi adalah *blade* dengan panjang *blade* 30 cm. Perbedaan panjang *blade* yang digunakan mempengaruhi hasil nilai tegangan dan arus yg dihasilkan oleh turbin angin. Semakin panjang *blade* yang digunakan, maka semakin kecil tegangan dan arus yang dihasilkan. Dari Gambar 8 dan Gambar 9 menghasilkan tegangan dan arus terbesar pada panjang *blade* 30 cm dengan kecepatan angin 4,9 m/s yaitu 9,08 volt dan 32,1 mA.

KESIMPULAN

Hasil pengujian tiga variasi panjang *blade* adalah *blade* menghasilkan tegangan 9,08 volt pada panjang *blade* 30 cm, arus sebesar 32,1 mA dan kecepatan angin 4,9 m/s. Ketika panjang *blade* 60 cm tidak dapat menghasilkan tegangan jika kecepatan angin di bawah 4,1 m/s. Panjang *blade* dan kecepatan angin sangat mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan. Setiap variasi panjang *blade* menghasilkan tegangan dan arus sesuai dengan kecepatan angin yang diterima oleh *blade*. Semakin tinggi kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin, maka tegangan yang dihasilkan oleh turbin semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

Bahari, S. (2015). Analisis pembangkit listrik tenaga angin di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Teknik*,

1(1).

- Firmansyah, A. I., & Zulkarnain. (2012). Perancangan Bilah Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT-Angin) Kapasitas 100 KW Menggunakan Studi Aerodinamika. *Jurnal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 11(2), 151–158.
- Indriani, A., Manurung, G., Daratha, N., & Hendra. (2019). Perancangan Turbin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus di Kota Bengkulu). *Jurnal Amplifier: Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 9(2), 1–6.
- Instruments, T. (2015). *INA219 Zero-Drift , Bidirectional Current / Power Monitor With I 2 C Interface*.
- Irfa, M. A. (2020). Pengaruh beban lampu terhadap tegangan , arus , dan rpm pada turbin angin savonius 2 sudu. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin Dan Manufaktur*, 1(2), 41–47.
- Latif, M., Nazir, R., & Reza, H. (2013). Analisa Proses Charging Akumulator Pada Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Pantai Purus Padang. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(1), 1–8.
- Libii, J. N., & Drahozal, D. M. (2012). The influence of the lengths of turbine blades on the power produced by miniature wind turbines that operate in non-uniform flow fields. *Journal World Transactions on Engineering and Technology Education*, 10(2), 128–133.
- Nongdhar, D., & Goswami, B. (2018). Design of micro wind turbine for low wind speed areas : A review. *Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)*, 2(1), 36–41.
- Pawar, P., Langade, S., & Bandgar, M. (2019). A Paper on IOT Based Digital Notice Board using Arduino ATmega 328. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 06(03), 7509–7513.
- Prakoso, I. P., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2016). Perencanaan turbin angin sumbu vertikal tipe Darrieus-H dengan penambahan 2 blade tipe Savonius untuk pembangkit listrik. *Jurnal Teknik Energi*, 1(1), 1–7.
- Pratmanto, D. (2019). Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Logam Pada Air Berbasis Aduino UNO. *Jurnal Evolusi*, 7(1), 29–34.
- Priyadi, I., Surapati, A., & Putra, V. T. (2018). Rancang Bangun Turbin Angin Horizontal Sebagai Salah Satu Pembangkit Daya Pada Mobil Hybrid. *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi Dan Aplikasi (SenNITiA) 2018*, 147–158.

- Puspawan, A., Andreas, J. R. H., & Nurul, I. S. (2018). Unjuk Kerja Kincir Angin Tipe Horizontal Axial Wind Turbine Propeler Variasi Sudut Baling-Baling 20 0, 25 0, Dan 30 0. *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi Dan Aplikasi (SenTITiA) 2018*, 257–261.
- Sayoga, I. M. A., Wiratama, I. K., Mara, I. M., & Catur, A. D. (2014). Pengaruh variasi jumlah blade terhadap aerodinamik performan pada rancangan kincir angin 300 watt. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 103–109.
- Simanjuntak, J. N., Tangkuman, S., & Rondonuwu, I. (2020). Simulasi Pengaruh Jumlah Dan Panjang Sudu Terhadap Daya Turbin Angin Tipe Poros Horisontal. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 10(1).
- Simanjuntak, & Tamaji. (2020). Desain dan pembuatan alat pendeteksi ketinggian air sungai berbasis arduino uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 1–6.
- Susana, R., Ichwan, M., & Phard, S. AL. (2016). Penerapan Metoda Serial Peripheral Interface (SPI) pada Rancang Bangun Data Logger berbasis SD card. *Jurnal ELKOMIKA*, 4(2), 208–227.
- Wibawa, U. (2017). *Pembangkit energi baru dan terbarukan* (1st ed.). UB Press.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E., & Suchyo, I. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 150–156.