



## Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid Wind Turbine* untuk Wilayah Kota Pekanbaru

M. Suhairi<sup>1</sup> dan Hidayatturrahman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika dan Telekomunikasi, email: suhairi@pcr.ac.id

<sup>2</sup> Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika dan Telekomunikasi, email: hidayatturrahman19tet@mahasiswa.pcr.ac.id

### Abstrak

*Ketersediaan sumber daya listrik yang terbatas dan penggantian baterai untuk sumber energi terbarukan seperti matahari merupakan tugas yang rumit dan akan menambah biaya. Maka dari itu dirancang sebuah sistem yang memanfaatkan energi angin dan matahari sebagai sumber listrik. Salah satu energi alternatif yang banyak digunakan adalah memanen energi angin, dan mengubah energi angin menjadi tenaga listrik. Pada penelitian ini, dirancang pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan wind turbine horizontal digunakan untuk memanen energi angin sebagai sumber energi alternatif dan diterapkan metode Covarage Awareness untuk Kota Pekanbaru.. Daya yang dihasilkan oleh wind turbine untuk Kota Pekanbaru setiap harinya bervariasi tergantung dari kecepatan angin dan ketinggian gedung, tetapi pada penelitian ini daya yang dihasilkan sangat kecil karena kondisi angin yang kecepatannya rendah. Berdasarkan pengamatan hari minggu, 18 desember 2022 hingga selasa 27 desember 2022 kecepatan angin rata ratanya rendah , yaitu 2 hingga 2,5 m/s, kemudian pada hari rabu, 28 desember 2022 rata-rata kecepatan anginnya sedang yaitu 3,53 m/s, dan yang terakhir pada hari kamis 29 desember 2022 kecepatan anginnya menurun lagi yaitu 2,71 dengan kategori kecepatan anginnya rendah. Perbandingan antara daya yang diperoleh oleh angin dan daya yang didapat dari yang dihasilkan oleh wind turbine di Kota Pekanbaru adalah sebesar 361,11watt dan daya yang seharusnya didapat oleh wind turbine sebesar 214,13watt. Akan tetapi berdasarkan pengamatan, daya yang dihasilkan oleh wind turbine pada kecepatan angin 8,17 m/s sebesar 3 watt, dikarenakan pada kecepatan tersebut wind turbine berputar dengan waktu yang singkat sekitar hanya 3 menit. Oleh karena itu daya yang dihasilkan oleh wind turbine sangat kecil.*

**Kata kunci:** Energi Alternatif, Wind Turbine, Coverage Awareness.

### Abstract

*The availability of electrical resources is limited and replacing batteries for renewable energy sources such as solar is a complicated task and will increase costs. Therefore, a system was designed that utilizes wind and solar energy as a source of electricity. One alternative energy that is widely used is harvesting wind energy, and converting wind energy into electrical power. In this research, a wind power plant was designed using a horizontal wind turbine to harvest wind energy as an alternative energy source and the Covarage Awareness method was applied for Pekanbaru City. The power produced by the wind turbine for Pekanbaru City varies every*

day depending on the wind speed and the height of the building, but in this study the power produced was very small due to low wind speed conditions. Based on observations from Sunday, 18 December 2022 to Tuesday 27 December 2022, the average wind speed was low, namely 2 to 2.5 m/s, then on Wednesday, 28 December 2022 the average wind speed was moderate, namely 3.53 m/s, and finally on Thursday 29 December 2022 the wind speed decreased again, namely 2.71 in the low wind speed category. The comparison between the power obtained by the wind and the power obtained from the wind turbine in Pekanbaru City is 361.11 watts and the power that should be obtained by the wind turbine is 214.13 watts. However, based on observations, the power produced by the wind turbine at a wind speed of 8.17 m/s is 3 watts, because at this speed the wind turbine rotates for a short time of only 3 minutes. Therefore, the power produced by a wind turbine is very small..

**Keywords :** WSN, Alternative Energy, Wind Turbine, Coverage Awareness.

## 1. Pendahuluan

Pada [1] menggunakan energi air untuk menggerakkan 3 turbin *screw* dan mengubahnya menjadi energi listrik, hal ini merupakan pemanfaatan energi alternatif. Pada [2] menggunakan *solar panel* sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi konsumsi energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Energi RF yang dihasilkan perangkat Wi-Fi juga dapat menjadi sumber energi listrik alternatif [3]. Dengan menggunakan antena *microstrip rectangular patch* dan *ultrawideband monopole patch* mampu memenuhi kebutuhan energi listrik untuk perangkat elektronik berdaya rendah [4][5].

Perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan *wind turbine horizontal* digunakan untuk pemanenan energi angin sebagai sumber energi alternatif. Untuk mengoptimalkan penggunaan energi alternatif dengan memanfaatkan sumber energi angin, diterapkan metode *Covarage Awareness*. Dengan menggunakan metode *Covarage Awareness* yang mana pada teknik ini sensor akan mengukur kemampuan penginderaan node dan membangun hubungan antara beberapa titik target dan node sensor. Dalam jaringan sensor setiap node memiliki jangkauan penginderaan untuk node tetangga dan mengirimkan data atau informasi yang dikumpulkan ke *base station*.

## 2. Penelitian Terkait

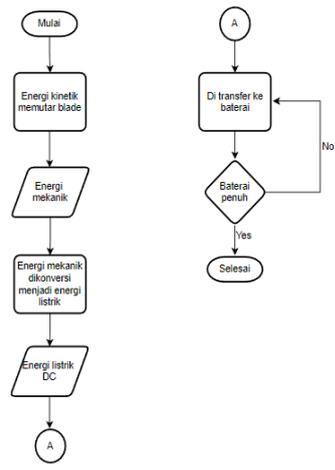
Pada [6] dengan menggunakan *wind turbine* sumbu horizontal dengan jumlah 6 bilah dan rata-rata kecepatan angin pada ketinggian 7 m didapat kisaran 3 m/s – 5 m/s. Kecepatan angin tertinggi yang tercatat adalah sebesar 7,78 m/s dan menghasilkan tegangan sebesar 14,35 V dan kuat arus sebesar 2 ampere serta tegangan tertinggi yang dihasilkan yaitu sebesar 17,09 V dan 2,35 ampere. Maka daya yang dihasilkan turbin angin dengan kecepatan 7,78 m/s adalah sebesar 99,26 watt.

Pada [7] jumlah *blade* mempengaruhi putaran suatu turbin dan daya yang akan dihasilkannya walaupun kecepatan angin yang mengalir ke turbin sama besar pemakaian. Jumlah *blade* sebanyak 3 lebih optimal di banding dengan 2 dan 4 *blade*.

Pada [8][9] dengan kecepatan angin sebesar 6 m/s, daya yang dihasilkan adalah 401 mW untuk *wind turbine* tiga bilah, 415 mW *wind turbine* enam bilah, 380 mW untuk *wind turbine* tujuh bilah. Sedangkan pada [10] dalam satu bulan tidak adanya angin dan akhirnya tidak dapat dihasilkan energi alternatif dan gagal menyuplai baterai untuk sistem WSN .

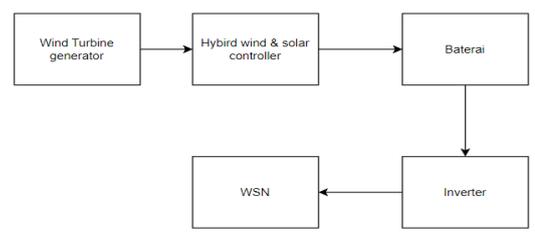
## 3. Metodologi Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 *flowchart* ini akan mendeskripsikan cara kerja dari sistem pembangkit listrik *hybrid wind turbine* sebagai sumber energi WSN. Pada prinsipnya pembangkit listrik *hybrid wind turbine* ini akan mengubah kecepatan angin pada sebuah turbin menjadi energi listrik. Turbin yang bertindak sebagai pembangkit energi listrik adalah *wind turbine horizontal*.



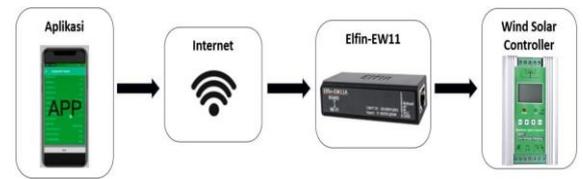
Gambar 1 Flowchart Cara Kerja Sistem.

Sistem kerja dari alat ini adalah energi kinetik dari angin menggerakkan bilah turbin angin sehingga bilah ini berputar dan membuat porosnya berotasi kemudian rotasi poros menggerakkan generator. Generator berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator dapat berupa *alternating current* (AC) maupun *direct current* (DC) dan tegangan keluarannya dapat dari tegangan rendah (12 volt) atau lebih. Dari generator akan disambung ke *wind&solar controller*, *wind&solar controller* berfungsi untuk mengatur arus ke pengisian baterai aki, selain itu untuk menghindari *overcharging* dan *overvoltage* dan mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*. Dari *wind&solar controller* akan disambungkan ke baterai aki yang merupakan sebuah alat yang menyimpan energi yang dihasilkan sebelumnya. Blok diagram dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

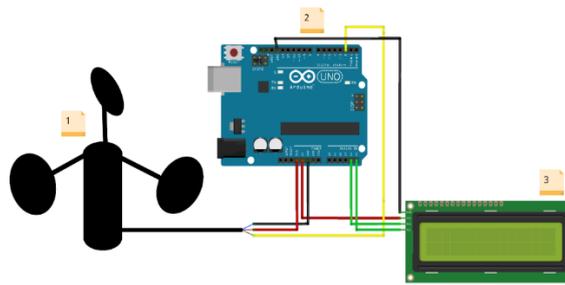


Gambar 2 Blok Diagram Sistem

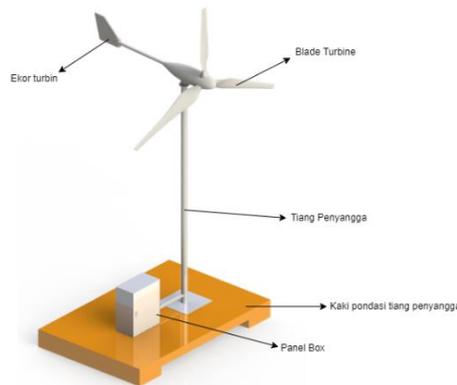
Perancangan perangkat lunak, perangkat keras, dan mekanik dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 4 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 5 Perancangan Perangkat Keras

Gambar 3 menunjukkan untuk proses monitoring alat ini menggunakan *hybrid controller* dengan perangkat Elfin-AW11. Perangkat Elfin-EW11 ini merupakan perangkat *port serial* yang terhubung ke jaringan. Perangkat canggih ini mendukung sistem operasi yang andal dan terbukti yang disimpan dalam memori flash, server web tertanam, tumpukan protokol TCP/IP lengkap, dan enkripsi berbasis standar (AES). Server serial Elfin-EW1X untuk transfer data melalui Wi-Fi, yang membuat transformasi data menjadi sangat sederhana. Pada awalnya Elfin-EW11 harus terhubung ke internet, setelah terhubung maka nantinya akan di sinkronkan dengan aplikasi yang sudah tersedia.

Pada Gambar 4 menunjukkan perancangan perangkat keras terdapat sensor anemometer untuk mengukur kecepatan angin untuk pembandingan kecepatan angin yang didapat dari anemometer dengan daya yang dihasilkan *wind turbine*. Anemometer terhubung ke Arduino UNO yang kemudian nantinya data kategori dan kecepatan angin akan ditampilkan pada I2C.

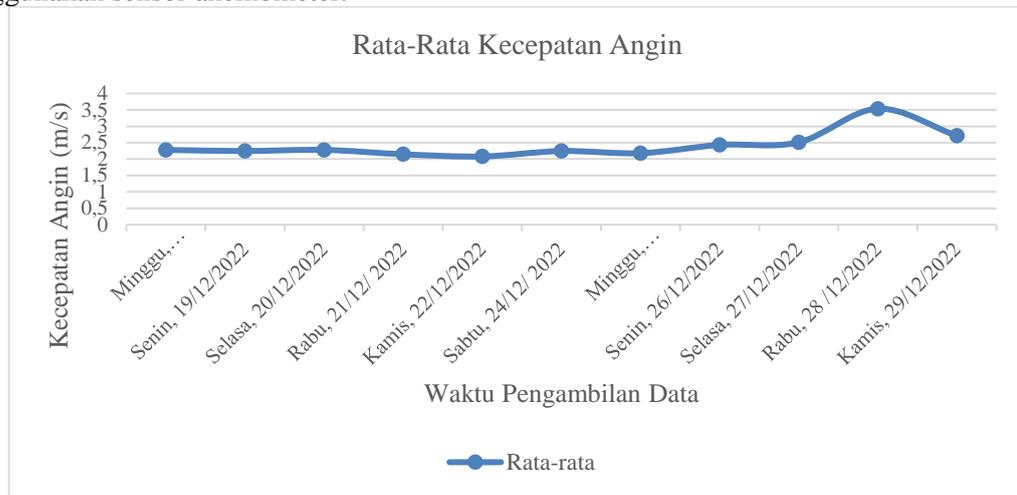
Pada Gambar 5 tiang penyangga dengan menggunakan besi *stainless* yang memiliki ketinggian sekitar 4 hingga 6 meter. Pada bagian bawah terdapat *box panel* sebagai tempat penyimpanan perangkat elektronik yang mendukung *wind turbine*. Terdapat pipa kecil antara *box panel* dan tiang penyangga sebagai penempatan kabel yang terhubung dengan *box panel*. Turbin angin yang digunakan adalah Turbin model SS-400 yang memiliki 3 buah *blade propeller*. Penggunaan 3 *blade propeller* dikarenakan kecepatan angin yang ada di Indonesia cukup rendah, sehingga dengan menggunakan turbin jenis ini akan lebih meningkatkan efisiensi dari turbin angin

#### 4. Hasil Pengujian Dan Analisa

##### 4.1 Hasil Pengujian Sensor Anemometer

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kecepatan angin berhasil di deteksi oleh sensor anemometer akan tetapi pada daerah pekanbaru ini angin yang di dapat tidak kencang. Pengujian kinerja sensor anemometer diletakkan sejajar dengan *wind turbine* dengan tujuan agar kecepatan angin yang didapat sama ketinggiannya dengan *wind turbine* karena sensor anemometer ini sebagai pembandingan antara kecepatan angin yang di dapat dengan daya yang dihasilkan *wind turbine*. Pengambilan data kecepatan angin dilakukan 1 jam sekali dari pukul 06:00 hingga pukul 24:00 selama 11 hari mulai pada tanggal 18 Desember 2022 hingga 29 Desember 2022 dengan cara di

monitoring secara langsung. Gambar 6 merupakan grafik hasil pengambilan data kecepatan angin menggunakan sensor anemometer.



Gambar 6 Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan kecepatan angin tertinggi yang didapat yaitu pada hari rabu, 28 Desember 2022, dimana pada hari itu kondisi cuaca sangat ekstrim, dengan hujan lebat ditambah lagi dengan angin yang kencang membuat sensor anemometer mendeteksi bahwa kategori kecepatan angin di hari itu tinggi.

#### 4.2 Pengujian *Wind Turbine*.

Pengujian *wind turbine* dilakukan dengan melihat nilai tegangan, arus, dan daya yang di dapat oleh *wind turbine* dengan menggunakan handphone yang di monitoring setiap 1 jam sekali dari pukul 06:00 hingga pukul 24:00 selama 11 hari mulai pada tanggal 18 Desember 2022 hingga 29 Desember 2022. Pada pengamatan cuaca ekstrim yang terjadi pada hari Rabu 28 Desember 2022 sehingga membuat turbine bekerja secara normal, sedangkan pada hari – hari lainnya tidak begitu signifikan. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 1.

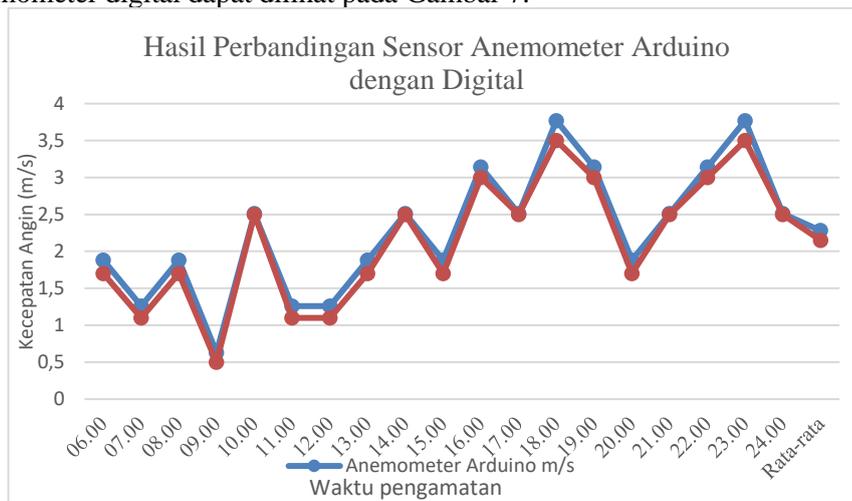
Tabel 1 Data Hasil Pengamatan *Wind Turbine*

Jam	Rabu, 28 Desember 2022				Keterangan
	Tegangan(V)	Arus(A)	Kecepatan Angin(m/s)	Daya (Watt)	
06:00	0	0	2,51	0	Rendah
07:00	0	0	1,88	0	Rendah
08:00	0	0	3,14	0	Sedang
09:00	0	0	0,63	0	Rendah
10:00	0,1	0	1,88	0	Rendah
11:00	0,1	0	2,51	0	Rendah
12:00	0,1	0	1,88	0	Rendah
13:00	0,1	0	1,88	0	Rendah
14:00	0,1	0	3,14	0	Sedang
15:00	0,1	0	2,51	0	Rendah
16:00	0,2	0	4,4	0	Sedang
17:00	0,2	0	3,14	0	Sedang
18:00	11,4	0,2	7,53	2	Tinggi
19:00	11,8	0,3	8,17	3	Tinggi
20:00	8,5	0,1	6,91	1	Tinggi
21:00	0,2	0	3,77	0	Sedang
22:00	0,2	0	3,77	0	Sedang
23:00	0,2	0	4,4	0	Sedang
24:00	0,2	0	3,14	0	Sedang
Rata-Rata	1,76	0,031	3,54	0,31	

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari pukul 06:00 hingga pukul 17:00 kecepatan angin yang didapat rendah dan sedang mengakibatkan angin tidak dapat memutar bilah *wind turbine* sehingga tidak mendapatkan arus dan daya, akan tetapi tegangan tetap terdeteksi karena angin menggerakkan bilah turbin dan bergerak tetapi tidak berputar. Kemudian pada pukul 18:00 hingga pukul 20:00 kecepatan angin yang di deteksi oleh sensor anemometer tinggi karena pada jam segitu cuaca sedang hujan dan angin kencang. Pada pukul 18:00 kecepatan angin 7,53 m/s tegangan yang terdeteksi sebesar 11,4 V, arus 0,2 A dan daya yang dihasilkan 2 Watt, kemudian pada pukul 19:00 dengan kecepatan angin 8,17 m/s tegangan yang terdeteksi sebesar 11,8 kemudian arus 0,3 A dan daya yang dihasilkan 3 Watt, dan pada pukul 20:00 dengan kecepatan angin 6,91 m/s tegangan yang terdeteksi sebesar 8,5 V, arus 0,1 A dan daya yang dihasilkan sebesar 1 Watt. Berdasarkan data tersebut daya yang didapat kecil karena setiap jam nya *wind turbine* hanya berputar sekitar kurang lebih sekitar 2 menit. Kemudian pada pukul 21:00 hingga 24:00 kecepatan anginnya sedang, tetapi dengan kecepatan angin tersebut angin tidak mampu memutar *wind turbine* sehingga tidak menghasilkan daya.

#### 4.4 Hasil Perbandingan Sensor Anemometer dan Arduino dengan Anemometer Digital

Perbandingan dilakukan agar mengetahui seberapa akurat sensor kecepatan angin (anemometer) yang di rancang dengan sensor anemometer digital. Perbandingan sensor anemometer Arduino dengan anemometer digital dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6 Hasil Perbandingan Sensor Anemometer Arduino dengan Anemometer Digital

Berdasarkan Gambar 7 merupakan grafik hasil perbandingan antara sensor anemometer Arduino yang dirancang dengan anemometer digital. Pengamatan dilakukan pada hari Kamis, 16 Februari 2023 yang mana dapat kita lihat pada tabel 4.3 hasil pengukuran kecepatan angin antara kedua anemometer tersebut tidak jauh berbeda. Pembacaan sensor anemometer yang dirancang sedikit lebih tinggi dibanding dengan sensor anemometer digital. Kemudian didapatkan error perbandingan antara kedua sensor tersebut menggunakan persamaan :

$$\% \text{ error} = \left| \frac{Ad - Aa}{Ad} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \left| \frac{2,14 - 2,28}{2,14} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = 6,54 \%$$

Keterangan:

Aa = Rata – Rata Hasil Pembacaan Anemometer Arduino

Ad = Rata – Rata Hasil Anemometer Digital

## 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini daya yang dihasilkan sangat kecil karena kondisi angin yang kecepatannya rendah. Berdasarkan pengamatan hari Rabu, 28 desember 2022 rata-rata kecepatan anginnya sedang yaitu 3,53 m/s. Penggunaan *wind turbine* horizontal tidak efektif untuk menghasilkan energi di daerah pekanbaru karena *wind turbine* horizontal membutuhkan kecepatan angin yang tinggi serta penempatan yang cocok agar daya yang dihasilkan oleh *wind turbine* menjadi maksimal.

## Daftar Pustaka

- [1] Khamdi, N., & Akhyan, A. (2016). Efisiensi Daya Pada Turbin Screw Dengan 3 Lilitan Terhadap Jarak Pitch. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 2(2), 24–31. <https://doi.org/10.35143/elementer.v2i2.87>
- [2] Eteruddin, H., Sitompul, J., & Putra Halilintar, M. (2022). Analisis Dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 8(1), 32–42. <https://doi.org/10.35143/elementer.v8i1.5359>
- [3] Hariyawan, M. Y., Salsabilla, R., & Sasmita Darwis, R. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Jarak Node Harvester Terhadap Kinerja Wi-Fi. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 8(2), 91–103. <https://doi.org/10.35143/elementer.v8i2.5488>
- [4] Babayo, A. A., Anisi, M. H., & Ali, I. (2017). A Review on energy management schemes in energy harvesting wireless sensor networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(October 2016), 1176–1184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.124>
- [5] Widiyari, C., & Rizky Fachriansyah. (2023). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Hybrid Daya PLN Dan PLTS Pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 9(1), 121–131. <https://doi.org/10.35143/elementer.v9i1>
- [6] Effendi, A. (2019). Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 8(2), 134–138. <https://doi.org/10.21063/jte.2019.3133823>
- [7] M.Fikri Haykal Syarif, A. W. A. badarudin I. D. H. A. S. (2014). Irwns 2014. *Jurusan Teknik Sipil*, 42–46
- [8] Azevedo, J. A. R., & Santos, F. E. S. (2012). Energy harvesting from wind and water for autonomous wireless sensor nodes. *IET Circuits, Devices and Systems*, 6(6), 413–420. <https://doi.org/10.1049/iet-cds.2011.0287>
- [9] S, Abdullah., Zainul Haq, Moh., (2021). Sistem Monitoring Penentuan Pergerakan Posisi Panel Surya Terintegrasi Internet Of Things. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan (ELEMENTER)*. 102-108
- [10] Jushi, A., Pegatoquet, A., & Le, T. N. (2016). Wind Energy Harvesting for Autonomous Wireless Sensor Networks. *Proceedings - 19th Euromicro Conference on Digital System Design, DSD 2016*, 301–308. <https://doi.org/10.1109/DSD.2016.43>