

DESIGN OF ELECTRICAL ENERGY POWER SYSTEM BASED ON WIND TURBINE AND SOLAR PANEL

Frendi Maulana¹⁾, Siti Mutmainah²⁾

Teknik Elektro, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
Mataram Marga, Sukadana, Kabupaten Lampung Timur, Lampung 34194
Email : ¹frendimaulana270@gmail.com

Abstract

This research aims to develop the design of wind-solar power plants in shrimp pond areas. The prototype was developed according to the design of the generator made. Design efficiency is demonstrated by analyzing electrical energy generated in the system. The methods include: build generator system design, prototype assembly and testing. The design developed is to maximize work of the radial generator system through manufacturing of rotors with neodymium magnets. The test results obtained an average battery charging of 29.72 watts. The lowest solar intensity occurs at 06.00 WIB (46300 lumens). While the highest intensity occurred at 14.00 WIB (116200 lumens). The highest wind speed of 2.8 m/s at 12:00 WIB. This clarifies that the intensity of the sun and wind speed affect the value of battery, the value will be directly proportional that the greater the intensity and speed, the greater electrical energy produced.

Keywords: *Power plant design, wind turbin, solar panel.*

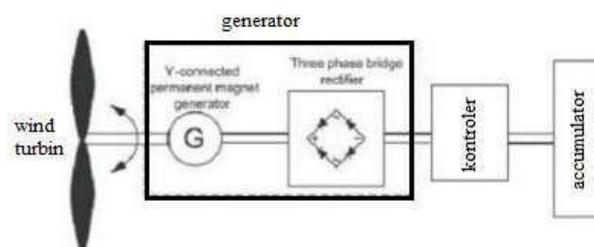
1. Pendahuluan

PT Wahyuni Mandira (WM) merupakan perusahaan tambak udang vannamei di Desa Bumi Pratama Mandira Kecamatan Sungai Menang Kabupaten OKI Sumatera Selatan. Tambak udang tersebut mulai beroperasi pada 14 Juli 2008 sampai dinyatakan pailit diawal tahun januari 2017 dan berhenti beroperasi. Pada perkembangannya PT WM adalah salah satu penghasil udang terbesar di indonesia serta menjadi pelaku eksportir udang ke beberapa negara disekitaran indonesia. Setelah berstatus pailit, eks karyawan PT WM berusaha tetap menjalankan kegiatan budidaya udang sistem tradisional secara mandiri. Hal ini dilatarbelakangi karena biaya operasional yang tinggi dalam setiap siklus budidayanya. Meskipun secara tradisional, rata-rata biaya operasional yang dihabiskan tidak kurang dari 15-30 juta rupiah/hektar kolam. Adanya kenaikan harga disemua jenis bahan bakar minyak (BBM) dipastikan akan berdampak pada meningkatnya biaya pengeluaran operasional pemakaian energi listrik. Ekspansi sumber pembangkit listrik lain merupakan alternatif yang bisa dikembangkan sebagai langkah meminimalisir biaya operasional tambak udang oleh masyarakat.

Secara geografis, wilayah WM berada dikawasan tepian sungai dengan potensi energi angin yang sangat bagus. Kecepatan angin rata-rata berada di 3,7 knot dan durasi penyinaran matahari sebesar 70,5 % [1]. Artinya, melimpahnya potensi energi tersebut dapat dimanfaatkan menjadi salah satu sumber energi listrik alternatif berbasis energi terbarukan. Usulan pengembangan energi listrik tenaga matahari dan angin diperkirakan memiliki tingkat polusi sangat kecil dan ramah lingkungan. Energi listrik dari tenaga angin (bayu) dikonversi melalui modifikasi sistem wind turbine, sedangkan energi listrik dari tenaga matahari dikonversi dengan bantuan panel surya.

Pada prinsipnya pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu sangat sederhana yaitu dengan memanfaatkan generator (konsep rotor dan stator) yang digerakan dari tenaga angin untuk menghasilkan listrik. Secara teoritis penggunaan generator akan menkonversi energi

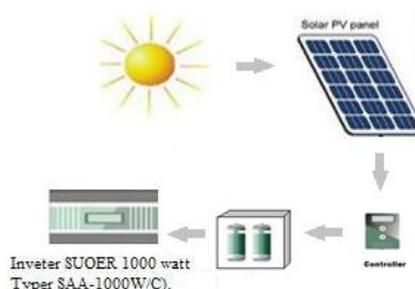
mekanis menjadi energi listrik [3]. Sementara modifikasi konversi energi matahari dapat dikembangkan dengan menggunakan dan memperbanyak panel surya pada sistem solar cell. Pembangkit listrik tenaga bayu/angin merupakan sistem konversi energi angin menjadi energi listrik. Dalam proses konversi energi, perangkat turbin dilengkapi dengan suatu generator untuk merubah energi gerak menjadi listrik. Listrik akan dihasilkan pada proses Bergeraknya atau putaran mekanis rotor terhadap stator [4]. Dalam prakteknya, rotor akan berputar sehingga medan magnet akan memotong lilitan diam pada stator dan menghasilkan gaya gerak listrik. Untuk memaksimalkan turbin, parameter-parameter yang dapat dioptimalkan yaitu memperbesar kapasitas generator. Parameter lain yang harus diperhatikan dalam usulan penelitian adalah panjang lengan turbin dimana akan berpengaruh dalam putaran turbin untuk menggerakkan rotor didalam generator. Semakin pendek lengan turbin, semakin cepat putaran pada turbin [5]. Selain itu untuk memaksimalkan performa turbin pemakaian 3 (tiga) bilah akan lebih stabil dibandingkan pemakaian 2 atau 4 bilah.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 1. Sistem pembangkit listrik tenaga bayu.

Solar cell atau fotovoltaik adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah atau mengkonversi energi surya menjadi energi listrik searah, yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor yang dipakai adalah silikon (Si). Solar cell ini bersifat semiconductor yang terbuat dari silikon berkrystal tunggal [6]. Prinsip kerja solar cell. Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Posisi atau letak solar cell terhadap matahari juga berpengaruh terhadap besar kecilnya energi listrik yang dihasilkan.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 2. Sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Pada penelitian ini, sistem akan memaksimalkan secara bersamaan atau bergantian kedua sumber energi matahari dan angin. Maka ketika malam hari pembangkit listrik akan digerakan oleh kincir angin, sementara pada siang hari panel-panel sel surya akan menangkap sinar matahari yang secara terus menerus menkonversikan/ memasok listrik. Tehnologi hybrid akan memanfaatkan sinar matahari pada saat kecepatan anginya rendah dan sebaliknya dapat memanfaatkan energi angin pada saat sinar matahari redup [2].

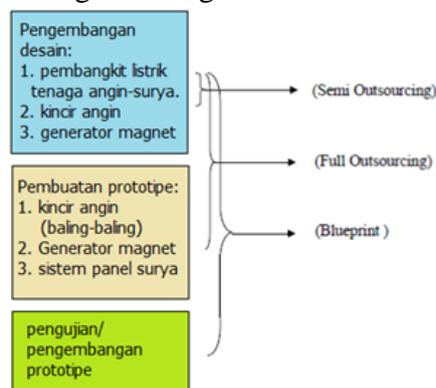
Desain sistem pembangkit energi listrik secara khusus bertujuan untuk mendapatkan rancangan satu sistem konversi energi listrik terbarukan yang lebih efektif, ekonomis dan futuristik. Kebutuhan energi listrik yang tinggi di wilayah pertambangan WM digunakan masyarakat untuk mendukung budidaya udang vannamei dan penerangan di malam hari. Terpenuhinya energi listrik akan berdampak dalam upaya mengurangi faktor kegagalan budidaya udang. Energi listrik akan menghidupkan dan memaksimalkan kerja kincir air sehingga bibit-bibit penyakit seperti berak putih (*White Feces Disease*), *White Spot Syndrome* dan kerdil dapat diminimalisir. Oleh sebab itu adanya penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi tercepat untuk masyarakat pertambangan dalam mengatasi keterbatasan pasokan energi listrik.

2. Metodologi Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen.

a. Diagram alir penelitian

Penelitian yang dilakukan tersentral pada pengembangan desain sistem pembangkit energi listrik berbasis *wind turbin* dan *panel surya* untuk wilayah pertambangan. Alur penelitian digambarkan secara ringkas sebagai berikut:



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 3. Tahap Pengembangan Desain

Alur penelitian dibagi kedalam tiga tahap: Tahap **pertama** disebut *semi outrourcing* (pengembangan desain); **kedua**, *full outrourcing* atau pembuatan prototipe sesuai desain yang dikembangkan dan **ketiga** disebut *blueprint* (pengujian prototipe). Kegiatan penelitian secara bertahap dilakukan sesuai dengan diagram alir diatas.

b. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 11 bulan pada rentang bulan Januari-November 2019. Pengembangan desain rancangan dilakukan di lingkungan Universitas Nahdlatul Ulama Lampung, sementara perakitan sebagian prototipe dan pengujian dilakukan di lokasi PT. WM.

3. Hasil dan Pembahasan

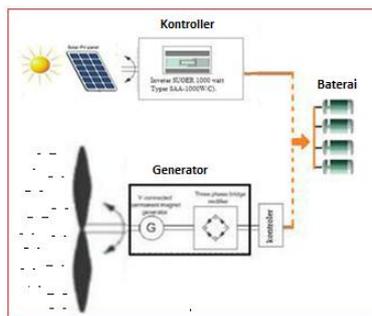
Desa Bumi Pratama Mandira secara geografis adalah kawasan tepian sungai yang memiliki potensi energi angin dan matahari yang cukup bagus. Namun demikian perlu dilakukan pengujian dan pemanfaatan untuk mengkonversi potensi tersebut menjadi energi listrik di daerah tersebut. Penelitian ini berkontribusi dalam upaya pengembangan desain pembangkit listrik sistem hybrid yang lebih efektif. Desain yang dihasilkan/ditawarkan dipercaya sebagai esensi pembeda dari penelitian sejenis terkait. Hasil penelitian ini berbentuk desain sistem pembangkit energi angin-matahari, kincir angin jenis/tipe *wind*

turbin dan generator magnet neodmium N50. Hasil penelitian lainnya berupa prototipe dan analisa data pengujian prototype. Adapun deskripsi hasil penelian tersebut diuraikan sebagai berikut:

3.1 Pengembangan desain

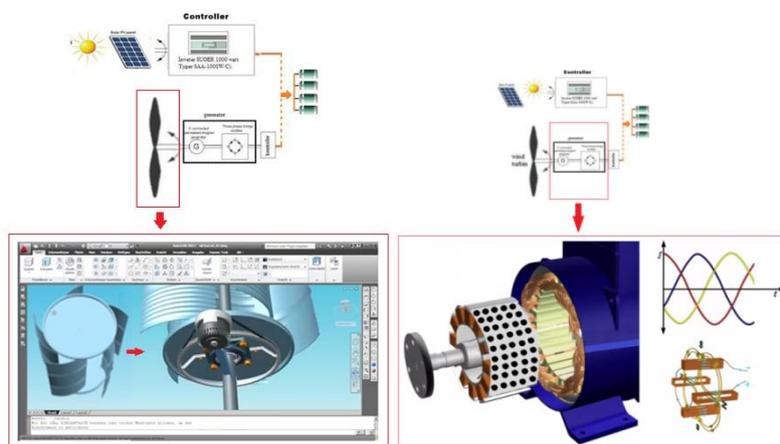
Pengembangan desain pembangkit listrik ini merupakan suatu langkah untuk mengkonversi angin dan surya menjadi energi listrik semaksimal mungkin. Guna mencapai hal tersebut, maka proses yang pertama dilakukan berupa pembuatan desain kincir angin type *wind turbin* dan generator berbasis magnet neodmium N50 untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin. Diharapkan efektifitas kerja *wind turbin* akan dipengaruhi terhadap pemaksimalan kerja generator atau sebaliknya. Diyakini desain rotor yang dikembangkan memakai magnet neodmium N50 dalam penelitian ini akan meningkatkan kinerja sistem generator. Secara teoritis pada saat rotor berputar, medan magnet akan memotong lilitan tembaga yang diam pada stator sehingga menghasilkan gaya gerak listrik. Sistem pembangkit listrik ini menghubungkan rotor dengan baling-baling sehingga gerak putaran baling-baling (*wind turbin*) yang tertiuip angin akan memutar rotor dengan optimal. Generator tersebut dihubungkan dengan sistem transmisi dan terhubung kepada baterai.

Adapun esensi pembeda dari desain yang dibuat dalam penelitian ini adalah menghubungkan baterai secara langsung dengan kedua sistem pembangkit tenaga angin dan surya. Baterai yang digunakan sebanyak empat buah untuk menyimpan daya listrik. Desain pembangkit listrik tenaga angin dengan tambahan panel surya secara detail diperlihatkan pada Gambar 4,5 dan 6 berikut.



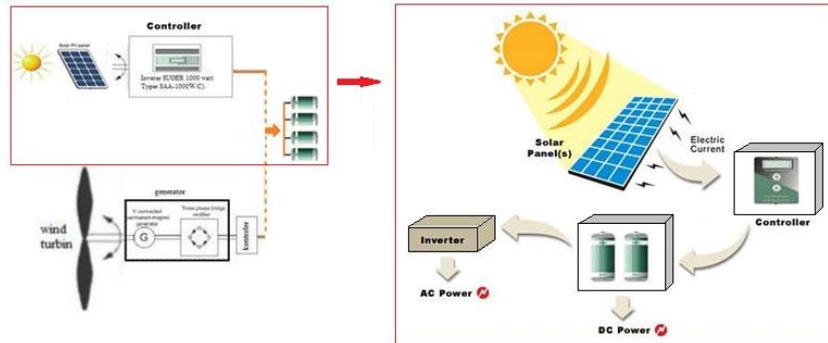
Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 4. Desain pembangkit listrik tenaga angin dan tenaga surya.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 5. Desain baling-baling dan generator berbasis magnet neodmium N50.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 6. Desain sistem pembangkit listrik tenaga surya/matahari.

3.2 Pembuatan prototip/produk

Setelah pengembangan desain pembangkit listrik dibuat pada penelitian ini dilanjutkan dengan pembuatan prototype/produk. Pembuatan prototype ini adalah tahap terpenting dalam penelitian ini.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 8. Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga surya.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 9. Pembuatan generator berbasis magnet neodmium N50 dan baling-baling pada sistem pembangkit listrik tenaga angin.

3.3 Pengujian daya/kemampuan (full putsourcing)

Data awal hasil pengujian yang terkait pada penelitian ini adalah menentukan besarnya intensitas cahaya matahari/surya dan kecepatan rata-rata pergerakan angin diwilayah tambak udang eks PT. Wahyuni Mandira. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keterkaitan atau hubungan kedua sumber energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menghitung besarnya potensi daya yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran potensi intensitas sinar matahari dengan menggunakan alat lightmeter (tingkat pengukuran 1-200.000 Lux) diperoleh data sebagai berikut:

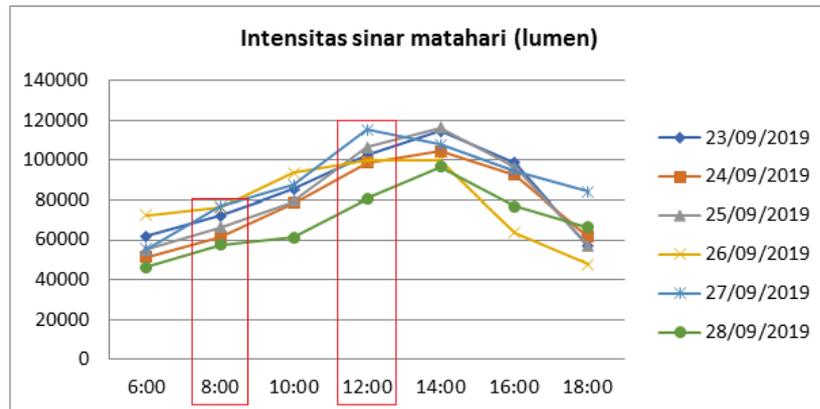


Diagram 1. Pengujian intensitas sinar matahari (lumen)

Berdasarkan Diagram diatas, Intensitas sinar matahari tertinggi didapatkan 116200 lumen pada pukul 14.00 Wib dan intensitas sinar matahari terendah terjadi pada kisaran pukul 06.00 Wib. Adapun untuk mengetahui sebaran intensitas cahaya matahari dengan besarnya kecepatan angin, maka ditetapkan periode waktu uji pada pukul 08:00 WIB dan pukul 12:00 WIB.

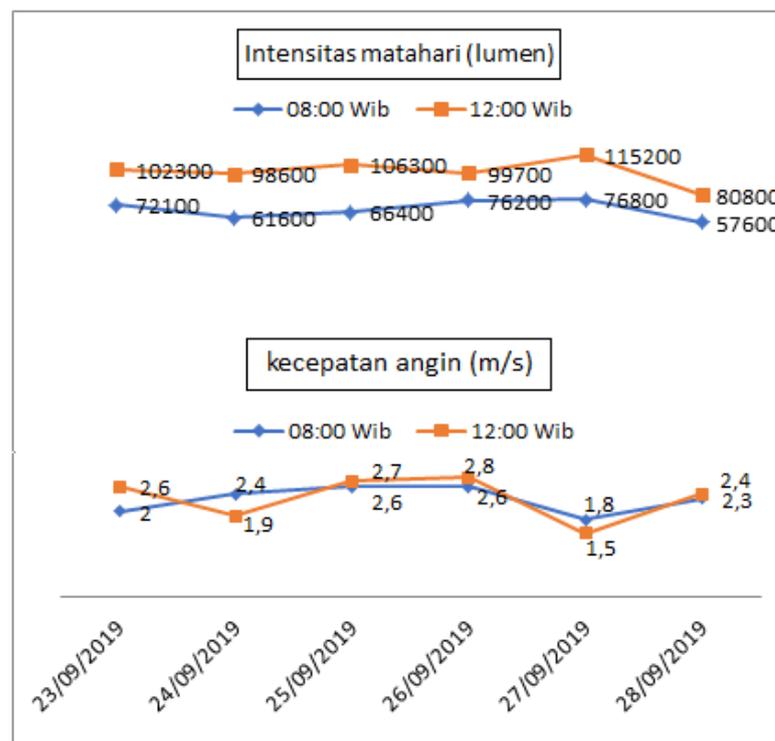


Diagram 2. Pengujian kecepatan angin (m/s) dan intensitas matahari (lumen)

Nilai yang diperoleh pada Diagram 2 diatas memperlihatkan adanya distribusi kecepatan angin yang relatif rendah yaitu kurang dari 3.3 m/s [7] dan cukup fluktuatif di Desa Bumi Pratama Mandira atau PT WM. Keadaan angin/cuaca yang cenderung berubah sehingga kecepatan angin yang diperoleh menjadi tidak konstan sehingga mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan menjadi kurang optimal [8]. Hasil pengujian tersebut apabila dihitung rata-rata kecepatan angin yang terjadi pada pukul 08:00 WIB hanya sebesar $\frac{2+2.4+2.6+2.6+1.8+2.3}{6} = \frac{13.7}{6} = 2,28$ m/s, maka potensi dayanya jika dianalisa dengan persamaan $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ [9] didapat sebesar 5,57 watt. Sedangkan pada pukul 12:00 WIB sebesar 5,79 watt untuk penggunaan baling-baling berdiameter 1,1 m. Daya listrik yang dihasilkan oleh sistem panel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus $P = VI$ [10]. Adapun langkah pengujianya adalah dengan meletakkan alat lightmeter (Lux) diletakkan sejajar dengan panel surya sementara voltmeter dipasang secara paralel dengan panel surya dan amper meter dipasang secara seri. Adapun hasil analisis perhitungan daya yang dipengaruhi oleh sistem tenaga angin dan tenaga surya diperlihatkan pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Analisis Potensi Daya (watt)

Tanggal	Tenaga angin/bayu	Tenaga surya	Total
23/09/2019	7,68	22,19	29,87
24/09/2019	7,40	17,03	24,43
25/09/2019	6,89	31,80	38,69
26/09/2019	7,05	32,91	39,96
27/09/2019	7,12	8,12	15,24
28/09/2019	7,11	23,15	30,26

Berdasarkan analisa data yang diperoleh bahwa didapatkan daya total yang didapat selama pengujian dengan rata-rata sebesar 29,74 watt setiap harinya. Dengan total daya tertinggi dicapai pada tanggal 26 september 2019 sebesar 39,96 watt, sedangkan daya terendah dicapai pada tanggal 27 september 2019 sebesar 15,24 watt. Adapun perhitungan total daya rata-rata selama penelitian dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$P \text{ (rata-rata)} = \frac{29,87+24,43+38,69+39,96+15,24+30,26}{6} = \frac{178,45}{6} = 29,74 \text{ watt.}$$

4. Kesimpulan

1. Desain pembangkit listrik tenaga angin dengan tambahan panel surya telah berhasil dibuat berbantuan program corel draw 12 yang difokuskan pada pembuatan generator berbasis magnet, kincir angin type wind turbin dan setup sistem panel surya.
2. Dari hasil pengujian kemampuan pengisian baterai (Battery Charge) pada prototipe, didapat beberapa simpulan seperti berikut ini :
 - a) Bahwa pemasangan Pembangkit listrik tenaga bayu dengan kombinasi penambahan panel surya didapat intensitas matahari terendah yang terjadi pada pukul 06.00 sebesar 46300 lumen. Sedangkan intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 14.00 Wib sebesar 116200 lumen. Sementara kecepatan angin tertinggi sebesar 2,8 m/s pada pukul 12:00 Wib.

- b) Daya rata-rata dari kombinasi sistem tenaga angin/bayu dan tenaga surya setiap pengisian baterai (Battery Change) sebesar 29,72 watt. Hal ini mengklarifikasi bahwa intensitas matahari dan kecepatan angin di wilayah PT. WM mempengaruhi nilai daya baterai, sehingga semakin tinggi intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.

Daftar Pustaka

- [1] badan pusat statistik kota palembang.2016. <https://palembangkota.bps.go.id/statictable/2017/11/14/81/rata-rata-tekanan-udara-kecepatan-angin-dan-penyinaran-matahari-menurut-bulan-di-kota-palembang-2016.html>
- [2] Bagar, K. H., Wicaksono, W., Rohmadin, N. A., Prasetyawan, A., & Rahman, A. (2013). Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Inovasi Turbin Heliks Vertikal untuk Kemandirian Energi Sekolah Daerah Pesisir. Program Kreativitas Mahasiswa-Teknologi.
- [3] Rendra, Indra Yasri. (2016). Aspek-aspek perancangan PLTB untuk Penggunaan Rumah Tangga di Kecamatan Tembilahan Hulu. Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 hal 1-4.
- [4] Pramono, W. B., & Hidayat, A. (2015). Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah. Prosiding SNATIF, 421-428.
- [5] Putranto, A., Prasetyo, A., Utomo, A. Z., & Sutomo, S. (2011). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga (Design Of Vertical Wind Turbine For The Household Lighting Coastal) (Doctoral dissertation, D3 Teknik Mesin).
- [6] Santosa, A. W. B., & Mulyatno, I. P. (2014). Pemanfaatan Tenaga Angin Dan Surya Sebagai Alat Pembangkit Listrik Pada Bagan Perahu. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan, 11(3), 108-116.
- [7] Widyanto, S. W., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Di Pulau Wangi-Wangi. Prosiding Semnastek.
- [8] Asy'ari, H., Budiman, A., & Setiyawan, W. (2012). Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Horizontal dan Generator Magnet Permanan Tipe Axial Kecepatan Rendah. In Prosiding Seminar aplikasi sains dan teknologi periode III.
- [9] Yunginger, R. (2015). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Gorontalo. Penelitian Dasar Keilmuan, 1(1491).
- [10] Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. R. (2016). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(02).