



Studi kelayakan energi matahari – angin (*hybrid*) sebagai sumber daya pompa air untuk sistem pengairan di kawasan Aceh Besar
(*Visibility study of hybrid solar-wind energy to power up the pump for the irrigation system in the District of Aceh Besar*)

Teuku Zulfadli¹, Andi Mulkan²

Prodi Teknik Mesin, Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus Unida – Surien Banda Aceh 23234

^{*)} Email : zoel_m04@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem pengairan atau irigasi yang tidak optimal merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di beberapa daerah di kawasan Aceh besar, yang sebagian besar wilayahnya merupakan areal pertanian. Berbagai macam usaha telah dilakukan oleh para petani diantaranya dengan mengalirkan air dari sumur dengan menggunakan pompa listrik. Keadaan ini membuat para petani harus mengeluarkan biaya tambahan untuk membuat instalasi listrik untuk menggerakkan pompa air dimana diperlukan kabel listrik yang panjang agar pompa dapat teraliri arus listrik. Untuk mengatasi permasalahan ini maka perlu dilakukan studi kelayakan tentang sistem pengairan yang berbasis sumber energi hybrid. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kelayakan sumber energi matahari dan sumber energi angin yang dipadukan menjadi sumber energi hybrid untuk menggerakkan pompa pada sistem pengairan di Desa Blang Krueng Kabupaten Aceh Besar. Metode pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan mengukur intensitas matahari, kecepatan angin dan menganalisis kebutuhan daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Dari hasil analisis intensitas matahari rata-rata terendah dalam tiga bulan adalah 5,33 KWh/m²/hari dengan lama penyinaran selama 10 jam dalam satu hari dengan kapasitas daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 450 Wp. Untuk kecepatan angin rata-rata selama tiga bulan adalah 2,99 m/s. Dengan kecepatan ini dan asumsi diameter baling-baling turbin angin 1,5 meter maka energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh turbin angin adalah 186,65 Watt.

Kata Kunci: Energi Hibrid, Energi Surya, Energi Angin, Pompa Air, Sistem Pengairan

Abstract

Irrigation systems that are not optimal are one of the problems that often occur in several areas in Aceh Besar region. Many efforts have been carried out by farmers, including by flowing water from wells using electric pumps. This situation makes the farmers spend additional costs to make electrical installations to drive water pumps where long electrical cables are needed so that the pump can flow electrically. To overcome this problem, it is necessary to conduct a feasibility study on a hybrid energy-based. The purpose of this study is to examine the feasibility of solar energy sources and wind energy sources which are combined into a hybrid energy source to drive pumps in irrigation systems in BlangKrueng Village, Aceh Besar District. The data collection was done by measuring solar intensity, wind speed and analysis of power requirements needed to drive water pump. From results shows that the lowest average solar intensity in three months was found to be 5.33 KWh / m² / day with a long exposure time for 10 hours in one day. The power capacity produced by solar panels was 450 Wp. For an average wind speed of three months was 2.99 m / s. With these speed and assuming the blades diameter 1.5 meters, therefore electrical energy generated by wind turbine was 186.65 Watt

Keywords: Hybrid Energy, Solar Energy, Wind Energy, Water Pump, Irrigation System

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi untuk masyarakat telah diperkenalkan sejak lama. Salah satunya, biodiesel yang menggunakan kepayang sebagai bahan bakar nabati [1]. Sampah organik makananpun telah dipelajari untuk menjadi sumber energi dalam bentuk biogas [2]. Permasalahan mahalnnya energi konvensional juga telah mendorong studi potensi energi terbarukan seperti angin, dalam upaya membantu masyarakat petani

Permasalahan utama dari para petani di Desa Blang Krueng adalah kurangnya pasokan air untuk lahan pertanian. Hal ini menyebabkan para petani yang menanam tanaman seperti padi, cabai, bayam, kangkung, sawi, tomat, dan tanaman lainnya sering mengalami gagal panen [3]. Bagi para petani yang lahan pertanian berdekatan dengan pemukiman dapat memanfaatkan pompa air bersumber daya listrik (PLN) untuk mengalirkan air ke lahan-lahan pertanian. Namun bagi petani yang lahan pertanian jauh dari pemukiman harus mengeluarkan dana tambahan untuk

memasang instalasi listrik. Instalasi ini menggunakan kabel yang panjang agar pompa teraliri arus untuk keperluan menyiram tanaman. Instalasi listrik ini mengeluarkan biaya yang cukup besar dan tidak ekonomis. Oleh karena itu perlu suatu teknologi pembangkit listrik tenaga matahari dan angin (hybrid). Ini merupakan salah satu usaha yang dapat mengatasi permasalahan di atas. Hybrid adalah Penggunaan teknologi hybrid ini akan meningkatkan keandalan pemompaan air dan meningkatkan volume harian dari air yang dipompakan [4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi energi hibrid (matahari - angin). Selanjutnya dari hasil analisis potensi hibrid tersebut maka akan dihitung daya output untuk menggerakkan pompa air di areal pertanian. Manfaat dari penelitian ini diharapkan para petani bisa merasakan sistem pengairan yang lebih baik dengan menggunakan teknologi hibrid.

2. Studi Literatur

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat tergantung dari kondisi alam. Pada siang hari, ketika cuaca cerah, PLTS dapat beroperasi maksimum dan pada malam hari PLTS sama sekali tidak beroperasi, tetapi digantikan oleh baterai yang menyimpan energi listrik dari PLTS sepanjang siang hari. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (direct current), yang dapat diubah menjadi listrik AC (alternating current) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. Untuk menghitung ukuran pompa solar [5]:

$$HE = V \times H \times \rho \times g / (3,6 \times 10^6) \quad (1)$$

Dimana :

HE = Energi Hidrolik (kWh/ hari)
V = Volume (m³ / hari)
pw = berat jenis air \approx 1000 (kg/m³)
g = Gravitasi \approx 9,82 m/ s²

Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air.

Angin merupakan sumber energi berkelanjutan karena bersifat terbarukan, didistribusikan secara luas dan melimpah. Energi angin sebagai kontribusi dalam mengurangi emisi rumah kaca, karena digunakan sebagai bahan energi alternatif pengganti fosil dalam sistem pembangkit energi listrik. Turbin angin menerima energi kinetik yang dihasilkan oleh angin, dan melalui baling-baling

yang terhubung dengan generator, energi angin tersebut dirubah menjadi energi listrik.

Secara ideal kecepatan angin yang menggerakkan kincir angin ada tiga, yaitu kecepatan aliran angin masuk (Vi) atau kecepatan aliran angin menuju blade, kecepatan aliran angin saat mengenai blade (Va) dan kecepatan aliran angin ketikameninggalkan blade (Ve), yaitu : Angin mempunyai tenaga yang sama besarnya dengan energi kinetik dari aliran angin tersebut, yaitu

$$P_{tot} = m \cdot KE_i = m \cdot \frac{V_i^2}{2 \cdot gc} (W) \quad (2)$$

Dimana :

P_{tot} = daya total angin (W)
m = aliran massa angin
Vi = kecepatan angin masuk
Gc = faktor konversi = 1

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah:

$$P = \frac{16}{27} \rho A V^3 \quad (3)$$

Angka 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin tipe sumbu horisontal. Pada kenyataannya karena ada rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi aerodinamik dari rotor, η rotor ini akan lebih kecil lagi yaitu berkisar pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik, maka didapatlah persamaan selanjutnya, yaitu:

$$P = \frac{16}{27} \rho A V^3 \eta \quad (4)$$

Dimana: η = Efisiensi aerodinamis (maksimal 45%)

3. Metode Penelitian

Di dalam penelitian ini, proses pengambilan data intensitas matahari dilakukan dengan menggunakan peralatan *Lux Meter*. Posisi peralatan *Lux Meter* di letakkan pada lapangan terbuka (areal pertanian) dimana radiasi matahari tidak terhalang oleh pepohonan dan awan. Pengukuran ini dilakukan pada saat cuaca sangat cerah, dan sebaliknya pada saat cuaca mendung maka tidak dilakukan pengambilan data lapangan. Hal ini bertujuan agar hasil intensitas matahari yang didapat lebih optimal. Sedangkan untuk data kecepatan angin, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Anemometer*. Posisi *Anemometer* diletakkan 5 meter diatas permukaan tanah. Prosedur pengambilan data intensitas matahari dan kecepatan angin dimulai dari pukul 08.00 WIB sampai 18.00 WIB dengan total pengambilan data adalah 10 jam dalam satu hari. Lokasi penelitian merupakan areal pertanian Desa

Blang Krueng Kabupaten Aceh Besar dengan luas \pm 0,5Hektar.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Analisis Potensi Energi Matahari

Data intensitas matahari rata-rata pada Bulan April, Mei dan Juni 2019 dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah.

Tabel 1. Intensitas Matahari Bulan April 2019 (Rata-Rata Perhari)

| Tanggal | Lux Rata-Rata | W/m ² | KW/m ² | KWh/m ² /hari |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 01-Apr | 108619.05 | 548.97 | 0.55 | 5.49 |
| 03-Apr | 74420.00 | 588.66 | 0.59 | 5.89 |
| 05-Apr | 71509.52 | 564.93 | 0.56 | 5.65 |
| 07-Apr | 72366.67 | 571.55 | 0.57 | 5.72 |
| 09-Apr | 75061.90 | 599.00 | 0.60 | 5.99 |
| 11-Apr | 78733.33 | 620.64 | 0.62 | 6.21 |
| 13-Apr | 74209.52 | 586.26 | 0.59 | 5.86 |
| 15-Apr | 74900.00 | 591.71 | 0.59 | 5.92 |
| 17-Apr | 74342.86 | 587.31 | 0.59 | 5.87 |
| 19-Apr | 72133.33 | 569.85 | 0.57 | 5.70 |
| 21-Apr | 72061.90 | 569.29 | 0.57 | 5.69 |
| 23-Apr | 68747.62 | 543.11 | 0.54 | 5.43 |
| 25-Apr | 69590.48 | 549.76 | 0.55 | 5.50 |
| 27-Apr | 73538.10 | 580.96 | 0.58 | 5.81 |
| 29-Apr | 73600.00 | 588.44 | 0.59 | 5.88 |
| Rata-Rata | 75588,95 | 577,36 | 0,58 | 5,77 |

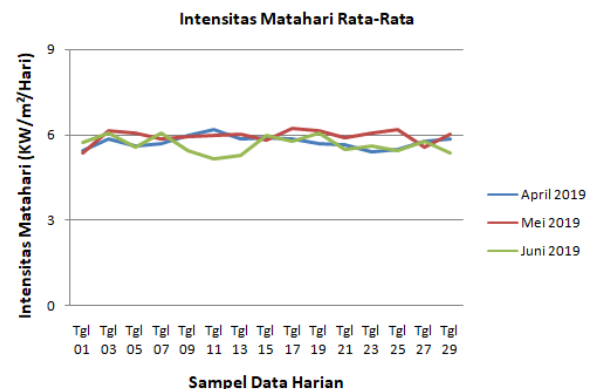
Tabel 2. Intensitas Matahari Bulan Mei 2019 (Rata-Rata Perhari)

| Tanggal | Lux Rata-Rata | W/m ² | KW/m ² | KWh/m ² /hari |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 01-May | 68100.00 | 537.99 | 0.54 | 5.38 |
| 03-May | 77966.67 | 615.94 | 0.62 | 6.16 |
| 05-May | 77009.52 | 608.38 | 0.61 | 6.08 |
| 07-May | 74204.76 | 586.22 | 0.59 | 5.86 |
| 09-May | 75128.57 | 593.52 | 0.59 | 5.94 |
| 11-May | 75695.24 | 597.99 | 0.60 | 5.98 |
| 13-May | 76414.29 | 603.67 | 0.60 | 6.04 |
| 15-May | 73590.48 | 581.36 | 0.58 | 5.81 |
| 17-May | 78909.52 | 623.39 | 0.62 | 6.23 |
| 19-May | 77995.24 | 616.31 | 0.62 | 6.16 |
| 21-May | 76355.00 | 589.42 | 0.59 | 5.89 |
| 23-May | 76876.19 | 606.51 | 0.61 | 6.07 |
| 25-May | 78404.76 | 619.40 | 0.62 | 6.19 |
| 27-May | 70671.43 | 560.03 | 0.56 | 5.60 |
| 29-May | 76123.81 | 601.40 | 0.60 | 6.01 |
| Rata-Rata | 75563,03 | 596,10 | 0,60 | 5,96 |

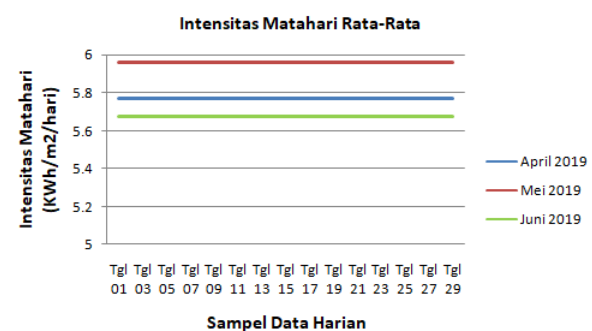
Tabel 3. Intensitas Matahari Bulan Juni 2019 (Rata-Rata Perhari)

| Tanggal | Lux Rata-Rata | W/m ² | KW/m ² | KWh/m ² /hari |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 01-Jun | 72647.62 | 573.92 | 0.57 | 5.74 |
| 03-Jun | 76957.14 | 607.96 | 0.61 | 6.08 |
| 05-Jun | 70695.24 | 558.49 | 0.56 | 5.58 |
| 07-Jun | 76985.71 | 608.19 | 0.61 | 6.08 |
| 09-Jun | 69414.29 | 548.37 | 0.55 | 5.48 |
| 11-Jun | 65566.67 | 517.98 | 0.52 | 5.18 |
| 13-Jun | 67242.86 | 531.22 | 0.53 | 5.31 |
| 15-Jun | 75790.48 | 599.87 | 0.60 | 6.00 |
| 17-Jun | 73257.14 | 578.73 | 0.58 | 5.79 |
| 19-Jun | 76795.24 | 606.68 | 0.61 | 6.07 |
| 21-Jun | 69276.19 | 549.61 | 0.55 | 5.50 |
| 23-Jun | 71352.38 | 563.68 | 0.56 | 5.64 |
| 25-Jun | 69042.86 | 545.44 | 0.55 | 5.45 |
| 27-Jun | 73300.00 | 579.07 | 0.58 | 5.79 |
| 29-Jun | 68061.90 | 539.88 | 0.54 | 5.40 |
| Rata-Rata | 71759,05 | 567,27 | 0,57 | 5,67 |

Gambar 4.1 dan 4.2 dibawah memperlihatkan intensitas matahari rata-rata harian dan bulanan selama tiga bulan berturut-turut.



Gambar 1. Intensitas Matahari Rata-Rata Harian



Gambar 2. Intensitas Matahari Rata-Rata Bulanan

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa intensitas matahari rata-rata yang tertinggi adalah pada tanggal 17 Mei 2019, yaitu berkisar pada 6,23KWh/m²/hari.

Hal ini disebabkan karena kondisi sinar matahari yang 100% dan tidak terhalang oleh awan serta kondisi temperatur tinggi pada tanggal tersebut tercatat 34 °C.

Dari tabel diatas juga dapat dilihat bahwa intensitas rata-rata pada Bulan April, Mei dan Juni 2019 berturut-turut adalah 5,77KWh/m²/hari, 5,96 KWh/m²/hari dan 5,67 KWh/m²/hari dengan lama penyinaran selama 10 jam dalam satu hari dan temperatur rata-rata 32,7 °C.. Sedangkan dari penelitian lain yang telah dilakukan menyebutkan bahwa kondisi intensitas matahari untuk Kota Banda Aceh berkisar 1677 KWh/m²/tahun [6].

4.2 Analisis Potensi Energi Angin

Data kecepatan angin rata-rata pada Bulan April, Mei dan Juni 2019 dapat dilihat pada tabel – tabel di bawah.

Tabel 4. Data Kecepatan Angin Rata-Rata April 2019

| Tanggal | Kec. Angin Rata-Rata(m/s) | Temperatur Rata-Rata |
|------------------|---------------------------|----------------------|
| 01-Apr | 1.96 | 33.20 |
| 03-Apr | 2.60 | 31.44 |
| 05-Apr | 2.95 | 33.22 |
| 07-Apr | 3.07 | 33.78 |
| 09-Apr | 2.76 | 31.57 |
| 11-Apr | 2.40 | 32.97 |
| 13-Apr | 3.09 | 32.21 |
| 15-Apr | 2.93 | 31.89 |
| 17-Apr | 2.93 | 32.49 |
| 19-Apr | 2.93 | 31.80 |
| 21-Apr | 3.15 | 33.13 |
| 23-Apr | 3.58 | 32.57 |
| 25-Apr | 3.03 | 33.97 |
| 27-Apr | 3.90 | 34.38 |
| 29-Apr | 2.70 | 31.53 |
| Rata-Rata | 2,93 | 32,68 |

Tabel 5. Data Kecepatan Angin Rata-Rata Mei 2019

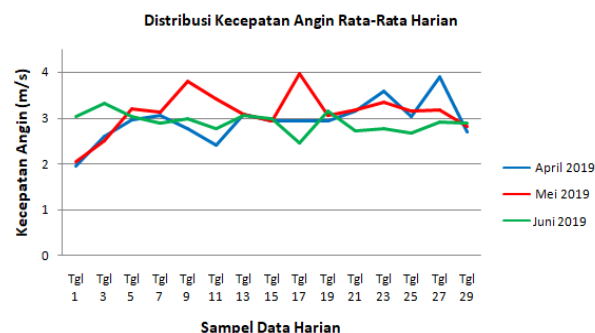
| Tanggal | Kec. Angin Rata-Rata (m/s) | Temperatur Rata-Rata |
|---------|----------------------------|----------------------|
| 01-May | 2.06 | 30.81 |
| 03-May | 2.51 | 31.33 |
| 05-May | 3.21 | 33.40 |
| 07-May | 3.12 | 33.96 |
| 09-May | 3.81 | 32.53 |
| 11-May | 3.40 | 33.91 |
| 13-May | 3.07 | 32.48 |
| 15-May | 2.94 | 31.04 |
| 17-May | 3.97 | 33.58 |
| 19-May | 3.05 | 34.20 |
| 21-May | 3.18 | 32.21 |

| | | |
|------------------|-------------|--------------|
| 23-May | 3.34 | 32.87 |
| 25-May | 3.14 | 33.42 |
| 27-May | 3.17 | 32.77 |
| 29-May | 2.81 | 32.25 |
| Rata-Rata | 3,12 | 32,72 |

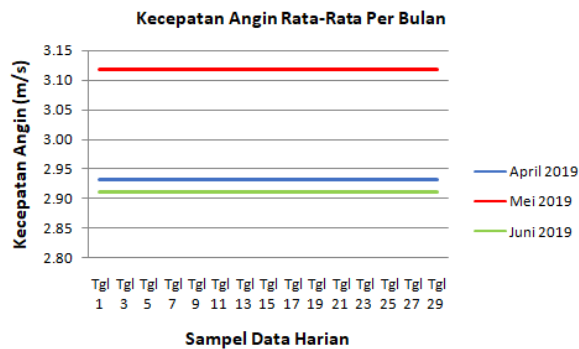
Tabel 6. Data Kecepatan Angin Rata-Rata Juni 2019

| Tanggal | Kec. Angin Rata-Rata (m/s) | Temperatur Rata-Rata |
|------------------|----------------------------|----------------------|
| 01-Jun | 3.04 | 33.01 |
| 03-Jun | 3.33 | 32.00 |
| 05-Jun | 3.02 | 32.80 |
| 07-Jun | 2.90 | 32.11 |
| 09-Jun | 2.98 | 32.47 |
| 11-Jun | 2.76 | 32.20 |
| 13-Jun | 3.05 | 31.46 |
| 15-Jun | 2.98 | 32.39 |
| 17-Jun | 2.47 | 32.05 |
| 19-Jun | 3.16 | 32.06 |
| 21-Jun | 2.72 | 32.05 |
| 23-Jun | 2.77 | 32.40 |
| 25-Jun | 2.68 | 32.61 |
| 27-Jun | 2.92 | 32.40 |
| 29-Jun | 2.89 | 32.47 |
| Rata-Rata | 2,91 | 32,30 |

Gambar 4.3 dan 4.4 dibawah memperlihatkan distribusi kecepatan angin rata-rata harian dan bulanan selama tiga bulan berturut-turut



Gambar 3. Distribusi Kecepatan Angin Rata-Rata Harian



Gambar 4. Distribusi Kecepatan Angin Rata-Rata Per Bulan

Dari Gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin rata-rata tertinggi pada Bulan April, Mei dan Juni 2019 berturut-turut adalah 3,9 m/s, 3,97 m/s dan 3,33 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata terendah berturut-turut selama tiga bulan adalah 1,96 m/s, 2,06 m/s dan 2,68 m/s. Untuk kecepatan angin rata-rata perbulan berturut-turut adalah 2,93 m/s, 3,12 m/s dan 2,91 m/s seperti yang terlihat pada Gambar 4.4.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan di areal pertanian Desa BlangKrueng, dapat disimpulkan bahwa potensi energi matahari dan energi angin layak untuk dikembangkan sebagai sumber daya untuk penggerak pompa air pada sistem irigasi. Intensitas matahari rata-rata terendah pada Bulan April, Mei dan Juni berturut-turut adalah 5,43 KWh/m²/Hari, 5,38 KWh/m²/Hari dan 5,18 KWh/m²/Hari. Sedangkan rata-rata dalam tiga bulan adalah sekitar 5,33 KWh/m²/Hari. Hasil ini cukup baik karena intensitas rata-rata matahari untuk Indonesia adalah 4,5 – 4,8 KWh/m²/hari [7][8]. Jika daya keluaran panel surya diasumsikan sebesar 250 Wp dan kebutuhan pompa air 2,4 KWh, maka kapasitas daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 450 Wp. Daya keluaran dari modul surya ini mencukupi untuk menggerakkan pompa air, yang diasumsikan membutuhkan daya 300 Watt .

Sedangkan kecepatan angin rata-rata selama tiga bulan adalah 2,99 m/s dengan temperatur rata-rata 32,5 °C. Nilai kecepatan angin ini dapat dikategorikan untuk penggunaan turbin angin kecepatan rendah (*low speed wind turbine*) yang beroperasi pada kecepatan 1,7 – 10 m/s [9]. Pada kecepatan ini, apabila diameter baling-baling turbin angin diasumsikan 1,5 meter, efisiensi transmisi gearbox 90%, efisiensi generator 80% dan efisiensi baterai 80% , maka energi listrik yang dapat dibangkitkan adalah 186,65 Watt. Dengan daya output tersebut, maka jenis turbin angin yang digunakan adalah turbin angin horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dengan 3 sudu (*Blade*).

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti atas bantuan dana penelitian melalui Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turmizi, “Uji Performansi Mesin Yanmar TS 50 Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Kepayang (Pangium Edule)”, *J. POLIMESIN*, Vol. 14, No. 2, pp. 28-32, 2016.
- [2] S. Mulyanto, Z. Zulkifli dan E. Milaningrum, “Sampah Organik Rumah Tangga dengan Sampah Organik Pasar terhadap Prosentase Kandungan Gas Metana pada Biogas.” *J.POLIMESIN*, Vol. 16, No. 2, pp. 43-46, 2018.
- [3] A. Syuhada, A. Z. Mubarak & M. I. Maulana, “Study Of Hybrid Power System Potential To Power Agricultural Water Pump In Mountain Area”, Proc. 1717, 050011, American Institute of Physic Publisher.
- [4] N.M. Khattab, M. A. Badr, E. T. El Shenawy, H. H. Sharawy, and M. S. Shalaby, “Feasibility of Hybrid Renewable Energy Water Pumping System for a Small Farm in Egypt”. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 11, No. 11 pp 7406-7414, 2016.
- [5] A. Syuhada and R. Thaib, “Simulasi dan Pengukuran Unjuk Kerja Sistem Pompa Air-Energi Surya untuk kota Banda Aceh”, *J. T. Mesin Unsyiah*, Vol.1, No. 3, pp. 124-127, 2013.
- [6] S. I. Devi, “Analisis Potensi Kondisi Suhu dan Radiasi Sinar Matahari di Kota Banda Aceh untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*.
- [7] Yuliananda, Subekti, Sarya, Gede dan Hastijanti, RA Retno. “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya”. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*. Nopember 2015, Vol. 01, No. 02, pp. 193–202, 2015.
- [8] Asy’ari, Hasyim, Jatmiko dan Angga, “Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya”. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS ISSN : 1412-9612*, 2012.
- [9] Kishore, Ravi Anant., Marin, Anthony. andShashank, Priya. 2014. “Efficient Direct-Drive Small-Scale Low-Speed Wind Turbine”. *Research Article Energy Harvesting and Systems* 1(1-2), pp. 27–43, 2014.

