

Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Pembangkit Listrik Hybrid One Pole Energy

Roswati Nurhasanah¹; Hasbi Maulana²; Bagus Madi³; Prayudi⁴; Arief Suardi⁵; Vendy Antono⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6}Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi Program Studi S1 Teknik Mesin

⁶Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi Program Studi D3 Teknik Mesin

¹ roswati@itpln.ac.id

ABSTRACT

Wind energy can be utilized by the potential of electricity by using a wind turbine, so that the electricity raised power is greater than can be combined with the type of solar energy source. So that it can back up each other if the weather is uncertain. HOPE (Hybrid One Pole Energy) is a Hybrid power plant that is designed to exploit the potential of wind and solar energy in the campus area of PLN Jakarta Institute of Technology, from the measurement results obtained that the average wind speed is 3.5 m/s. Wind turbine designed type of wind turbine Horizontal axis, airfoil NACA 4412 type taperless with the number of Blades 3. Data processing and simulation are done using Qblade v. 0963 software with a maximum wind speed of 12 m/s. The Material used to make this turbine blade is of teak wood. The results of the turbines of a turbine taperless with 10 segmen, $R=0,9$ m $\alpha = 60$, $Cl = 1.63$, $Cl/Cd = 133,6$ and $Cr = 0.18$ m and $Cp = 42\%$. From the test results acquired average power that can be raised by 25, 1W while HOPE can optimize the raised power of the average reaches 54.7 W.

Keywords: Taperless, Hybrid, Panel Surya, NACA 4412

ABSTRAK

Energi angin dapat dimanfaatkan potensinya menjadi listrik dengan menggunakan turbin angin, agar energi listrik yang dibangkitkan lebih besar maka dapat digabungkan dengan jenis sumber energi matahari. Sehingga dapat saling membackup apabila cuaca tidak menentu. HOPE (Hybrid One Pole Energy) merupakan pembangkit listrik tenaga hybrid yang dirancang untuk memanfaatkan potensi dari energi angin dan matahari di kawasan kampus Institut teknologi PLN Jakarta, dari hasil pengukuran diperoleh bahwa kecepatan angin rata-rata 3,5 m/s. Turbin angin yang dirancang jenis Turbin Angin Sumbu Horizontal, airfoil NACA 4412 jenis taperless dengan jumlah bilah 3. Pengolahan data dan simulasi dilakukan dengan menggunakan software Qblade v.0963 dengan kecepatan angin maksimum sebesar 12 m/s. Untuk membuat bilah turbin ini maka material yang digunakan berupa kayu jati blanda. Hasil perancangan turbin taperless yang dibagi menjadi 10 segmen $R=0,9$ m, $\alpha = 60$, $Cl=1.63$, $Cl/Cd=133,6$ dan $Cr=0,18$ m dan $Cp=42\%$. Dari hasil pengujian diperoleh daya rata-rata yang dapat dibangkitkan sebesar 25,1W sedangkan dengan hybrid sistem HOPE mampu mengoptimalkan daya yang dibangkitkan rata-rata mencapai 54,7 W.

Kata kunci: Taperless, Hybrid, Panel Surya, NACA 4412

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan dan memiliki kekayaan energi yang dapat dimanfaatkan diantaranya berasal dari energi angin yang dapat dibangkitkan melalui turbin angin. Dalam perancangannya turbin dan tipe bilah disesuaikan dengan karakteristik daerah setempat. Kecepatan angin daerah perkotaan berkisar antara 3 m/s sampai dengan 7 m/s dengan jenis turbin turbin angin mikro dan tip speed ratio yang dimiliki kecil sehingga dampak kebisingan yang ditimbulkan dapat diminimalisir pada saat turbin angin beroperasi. [1]. Turbin angin diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan posisi dari sumbu putar yaitu jenis Horizontal Axial Wind Turbine dan Vertical Axial Wind Turbine. Turbin angin sumbu horizontal biasanya menggunakan jenis airfoil yang sederhana berstandar pada NACA [2]. Desain blade diklasifikasikan menjadi 3 yaitu taper, taperless dan invers taper dengan variasi jumlah blade sangat berpengaruh terhadap putaran turbin dan daya yang akan dihasilkan walaupun kecepatan aliran yang mengalir ke turbin sama. [3].

Desain bilah taperless untuk kecepatan 7-12 m/s dan C_p maksimum 0,5, sudut puntir 11,40 sampai dengan 7,17° dan jari-jari 0,8 m menggunakan kayu mahoni dikarenakan ringan, kuat serta murah dibandingkan dengan jenis bahan lain yang biasanya digunakan besi dan plastik [4]. Turbin angin jenis airfoil NACA 4412 dan NACA 4415 berbahan kayu Mahoni dan Pinus jenis taperless lebih baik dari jenis taper untuk TSR 7 taperless bernilai C_p 52% sedangkan taper 50. Daya dengan kecepatan angin 12 m/s 1549,88 W sedangkan jenis taper hanya mencapai 1234,31 W. Hasil pengujian untuk kayu mahoni menunjukkan keretakan pada salah satu blade, sedangkan untuk kayu pinus tidak terjadi keretakan[5]. Bilah jenis taperless memiliki C_p bernilai 53% dan daya 2161 W lebih tinggi dibandingkan dengan jenis taper yang dayanya hanya mencapai 791 W, selain itu Twist amat memengaruhi proses pembuatan bilah pada kayu. Untuk sudut puntir yang tidak linear, maka perlu dilinierisasi dan dimodifikasi untuk memudahkan pembuatan bilah pada kayu sebesar 75% dari jari-jari yang digunakan[6].

Dalam perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal dengan jumlah bilah 3 rata – rata kecepatan angin 7,5 m/s pada ketinggian 110 m. Rotor turbin jenis airfoil NREL S818 untuk bagian root, S825 untuk bagian primary, dan S822 menjadi 9 segmen dengan $r = 9,375$ m. Hasil simulasi menggunakan Q-Blade menunjukkan sudut pitch = 2,95° cut in pada kecepatan 3 m/s dengan daya yang diperoleh sebesar 3007,07 kW Adapun generator yang dipilih memiliki kecepatan putar 365 rpm. [7]. Turbin angin yang dipasang diatap rumah dengan variasi blade 3,4 dan 5 masing-masing daya mekanik sebesar 27.86 W, dan koefisien daya C_p 55%, 4 buah daya mekanik sebesar 27.96 W dan C_p 56% dan 5 blade daya mekanik sebesar 28.185 W koefisien daya C_p sebesar 58%.hal ini menunjukkan bahwa bahwa jumlah blade yang lebih banyak memiliki pengaruh yang besar terhadap kenaikan daya mekanik. [8].

Hibrida energi angin dan energi matahari dapat dijadikan alternatif pembangkit listrik, dimana jika sel surya tidak sanggup melayani permintaan beban maka energi angin yang akan mensuplai beban,[9] begitu pula sebaliknya. Hybrid menghasilkan efisiensi lebih baik dibandingkan dengan penggunaan PLTB maupun PLTS yang digunakan secara terpisah, dengan turbin angin sudu tipe flat berlapis memiliki 3 buah sudu dengan sudut kemiringan antar sudunya 80°. Panel surya tipe polycrystalline dengan kapasitas 10 WP. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kecepatan 3 m/s dan beban 15 W maka Efisiensi dari PLTS mencapai 19,41 % [10]

Pemilihan jenis material turbin berupa kayu jati blanda menjadi salah satu alternatif yang perlu dikaji lebih lanjut sehingga potensi angin dapat dioptimalkan dengan baik. Potensi energi angin kecepatan rendah di daerah perkotaan tetap dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik,

walaupun dengan keadaan cuaca yang tidak mementu maka dapat dioptimalkan dengan menggabungkannya dengan energi matahari dengan sistem Hibrida. Hibrida system dengan konsep Hybrid One Pole Energy diharapkan menjadi salah satu alternatif system hibrida yang akan berkembang.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan turbin angin sumbu horizontal berdasarkan hasil pengukuran potensi angin di kawasan kampus Institut teknologi PLN Jakarta, dari hasil pengukuran diperoleh bahwa kecepatan angin rata-rata 3,5 m/s, jenis airfoil yang digunakan adalah NACA 4412 jenis taperless dengan jumlah 3 bilah. Pengolahan data dan simulasi dilakukan dengan menggunakan software Qblade v.0963. Kapasitas daya yang diharapkan pada penelitian ini sebesar 750 W dan kecepatan angin maksimum *design* sebesar 12 m/s. Material yang digunakan untuk membuat bilah turbin ini berupa kayu jati blanda yang bertujuan untuk mendapatkan karakteristik kelenturan dan kekuatan dari karakter kayu tersebut. Untuk mengoptimalkan daya yang dibangkitkan maka energi matahari dapat digabungkan dengan pemanfaatan energi angin dengan *hybrid system*. Kapasitas panel surya yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tipe Panel surya : Monocrystalline

Dimensi : 775 x 680 x 28 mm

Peak Power (Pmax) : 50 W

Open Circuit Voltage (Voc) : 21,0 V

Short Circuit Current (Isc) : 3,50 V

Voltage at max Power (Vmp) : 16,9 V

Current at Max Power (Imp) : 2,96 A

Nominal Voltage : 12 V

Maximum System Voltage : 1000 V

Tolerance : 5 %

Hybrid One Pole Energy yang dirancang pada penelitian ini dengan desain sebagai berikut :



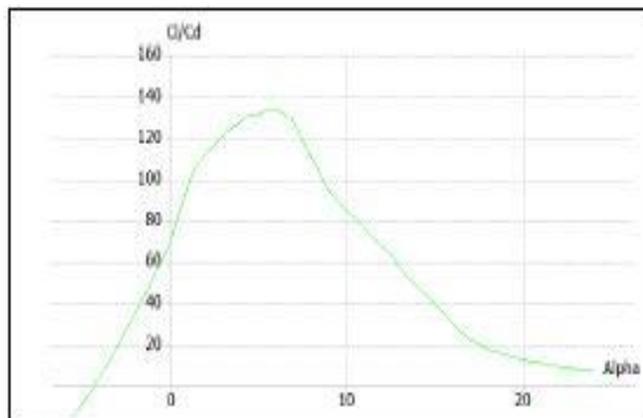
Gambar 1. Desain Hybrid One Pole Energy

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilah pada turbin angin merupakan komponen yang langsung berinteraksi dengan angin, sehingga penentuan bilah menjadi hal yang sangat penting dalam perencanaan turbin angin. Dari hasil pengujian tersebut kecepatan angin maka jenis bilah yang cocok digunakan yaitu jenis bilah Taperless dimana jenis bilah ini memiliki ciri-ciri dari pangkal hingga ujung bilah memiliki ukuran yang sama. Pada perancangan bilah untuk energi hybrid digunakan jenis airfoil 4412 dimana jenis ini memiliki karakteristik Max Camber: 4 %, Max Thickness: 12 %, Posisi Max Chamber: 39, 50% dan Posisi Max Thickness: 29,10%

Efisiensi bilah dalam perancangan ini menggunakan batas bawah 0,3 dengan efisiensi transmisi, generator, kontroler ditentukan 0,9 sehingga menghasilkan efisiensi sistem sebesar 0,2916, daya angin 2572 W, luas sapuan angin 2,37 m² dan jari-jari blade 0,94 m sedangkan evaluasi dengan menggunakan efisiensi bilah batas atas sebesar 0,4 serta efisiensi transmisi, generator dan kontroler ditentukan 0,9 menghasilkan efisiensi sistem sebesar 0,218 daya angin 3429,4 W, luas sapuan angin 3,16 m² dan jari-jari blade yang dihasilkan sebesar 1 m. sehingga dalam penelitian ini dipilih jari-jari blade yang akan dibuat sebesar 0,94 m.

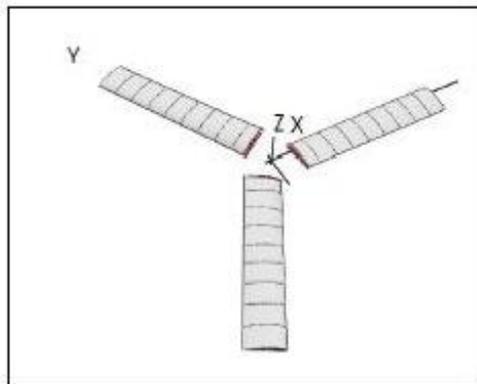
Pembagian elemen pada bilah dibagi menjadi 10 segmen, Sudut serang (α) dan lift coefisient (Cl) ditentukan dengan simulasi Qblade yaitu masing-masing sebesar 6° dan 1.63 jumlah sudu yang dirancang dalam penelitian ini berjumlah 3. Untuk turbin angin dengan jumlah bilah 3 maka rentang Tip Speed Ratio adalah 6-8. Pada penelitian ini TSR yang ditentukan sebesar 7 akan tetapi pada akhir simulasi TSR dapat berubah nilainya. Jenis bilah yang dirancang adalah jenis tapperless sehingga Chord (Cr) konstan yaitu 0,18 m. sedangkan airfoil yang digunakan NACA 4412.



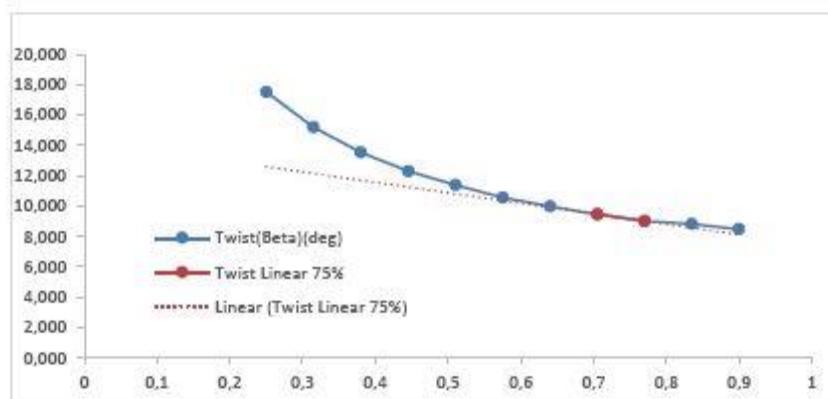
Gambar 2. Hasil Simulasi Cl/Cd terhadap α

Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi Cl/Cd terhadap α , dimana Cl/Cd merupakan perbandingan antara gaya angkat dan gaya hambat yang menunjukkan efisiensi aerodinamik sehingga dalam penentuan awal parameter bilah dicari nilai Cl/Cd yang paling maksimum terlihat bahwa Cl/Cd maksimum pada sudut serang (α) 6° yaitu 133,6. Besarnya rasio Cl/Cd sangat dipengaruhi oleh besarnya bilangan Reynold yang dalam simulasi ini menggunakan Reynold 1000000. Rancangan aerodinamik akan memberikan output yang tepat berupa distribusi sudut pasang dan Panjang Chord (Cr). Pada tahap penentuan geometri elemen bilah, untuk mempermudah perancangan geometri bilah maka dibagi menjadi 10 segmen dengan

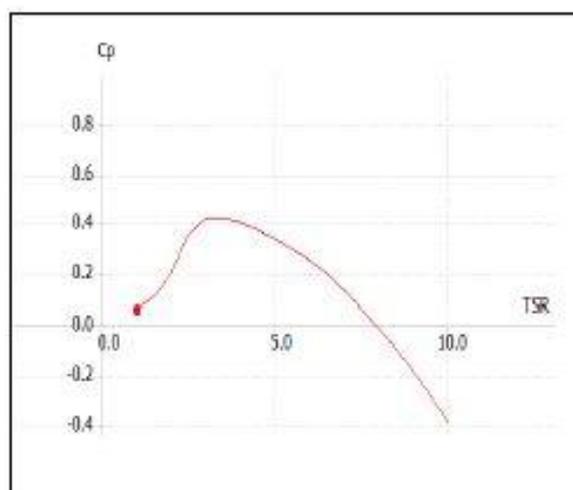
Cr 0,18 m jenis airfoil NACA 4412 dan jumlah sudu 3 berikut hasil desain rotor blade seperti ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Desain Rotor Blade

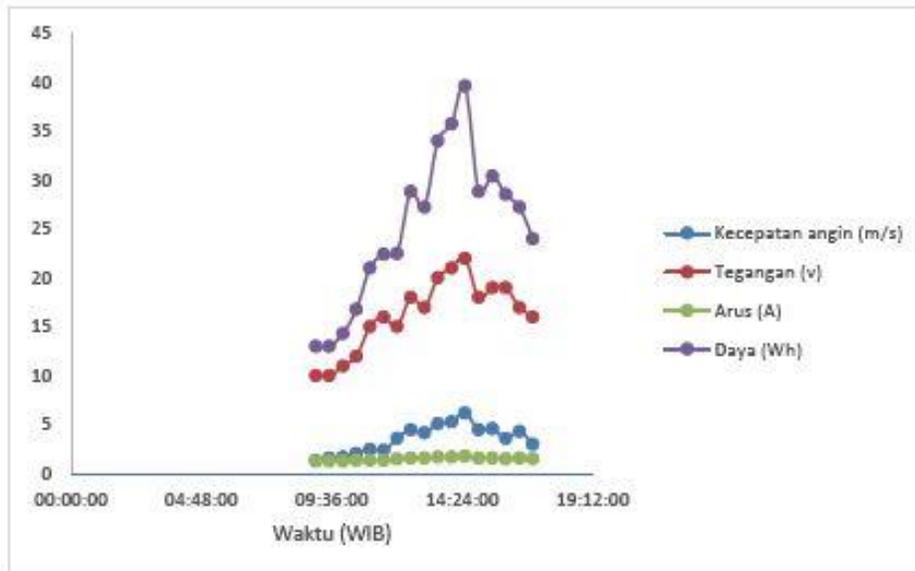


Gambar 4. Garfik r terhadap twist

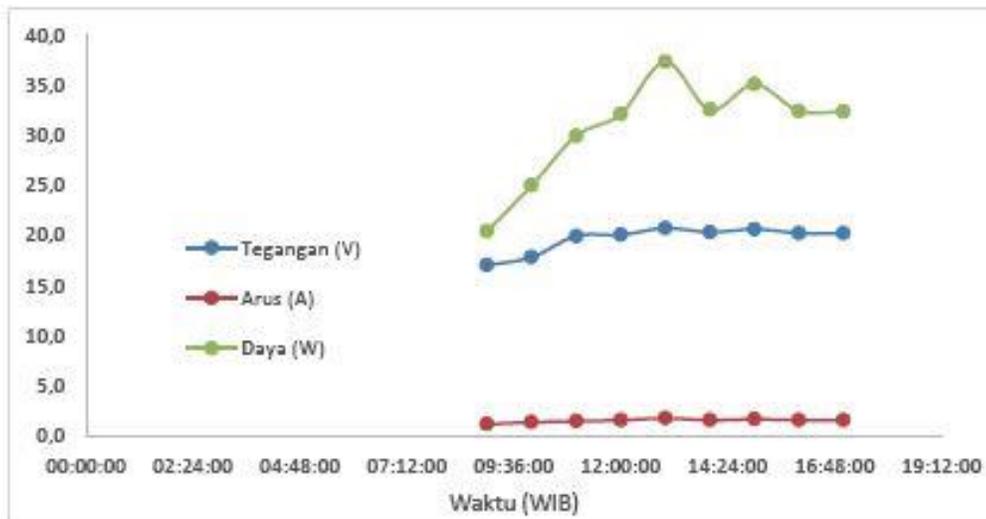


Gambar 5. Desain Ekor Turbin

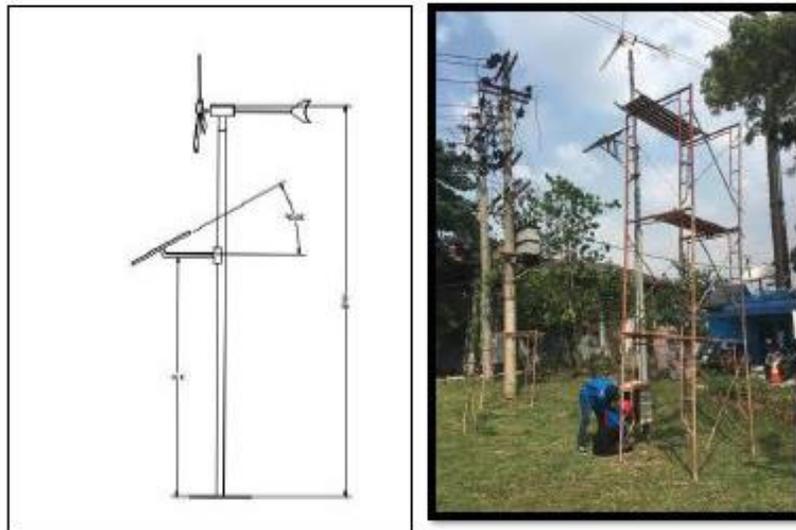
Berdasarkan gambar 5 diatas, terlihat bahwa C_p bilah taperless adalah 42%, untuk mengoptimalkan daya yang dibangkitkan oleh turbin maka ditambahkan ekor dari turbin angin yang berfungsi untuk mengamankan turbin angin dari kecepatan angin yang tinggi dengan desain seperti gambar 6. Hasil pengujian turbin angin dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



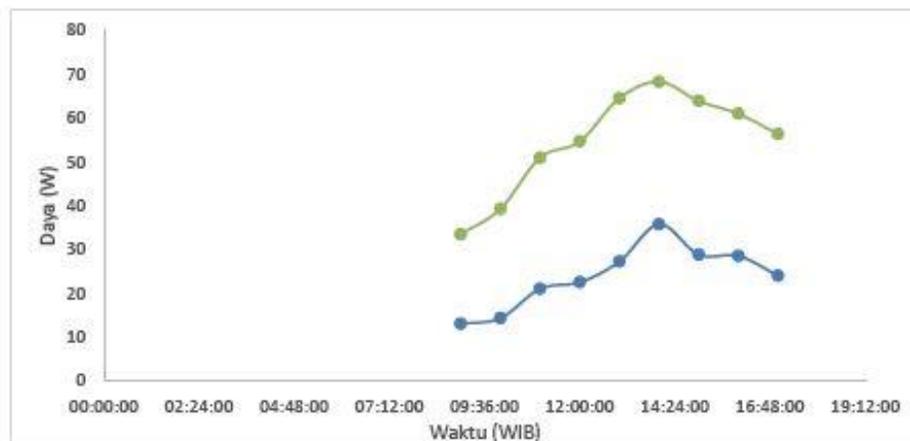
Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Panel Surya



Gambar 8. Hybrid One Pole Energy



Gambar 9. Hasil Pengujian HOPE

Grafik pada gambar 9 menunjukkan bahwa dengan menggunakan Hybrid system maka daya yang dibangkitkan mengalami kenaikan yang signifikan terutama pada saat pancaran matahari bersinar terik. Kenaikan daya yang dibangkitkan terendah 91% kenaikannya dari 35,7 W menjadi 68,2 W dan kenaikan tertinggi hingga mencapai 175% dari 14,3 W menjadi 39,3 W.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Turbin angin yang menggunakan airfoil NACA 4412 jenis taperless dengan jumlah 3 bilah dengan material kayu jati blanda yang dibagi menjadi 10 segmen, $R=0,9$ m, $\alpha = 6^\circ$ $Cl=1.63$, $Cl/Cd=133,6$ dan $Cr=0,18$ m dan $Cp=42\%$. Dari hasil pengujian diperoleh daya rata-rata yang dapat dibangkitkan sebesar 25,1 W. HOPE dengan menerapkan hybrid system energi angin dan energi matahari mampu mengoptimalkan daya yang dibangkitkan hingga mencapai 175%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., MT, Rektor Institut Teknologi PLN, Manager LPPM Indrianto, S.Kom, M.T yang telah membantu dan mendorong mengikuti Hibah Internal TA. 2019/2020 dan Dekan DTBE Drs. Prayudi, M.M, M.T atas bantuan dan arahannya dalam mengikuti penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nishizawa, "An Experimental Study of the Shapes of Rotor for Horizontal-Axis Small Wind Turbines," *Wind Turbines*, no. 1, 2011, doi: 10.5772/15057.
- [2] M. Saputra, R. Kurniawan, and A. Munawir, "Rancang Bangun Turbin Angin Skala Kecil Untuk Kawasan Kampus Univ. Teuku Umar," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: 10.35308/jmkn.v5i1.1577.
- [3] A. Effendi, "Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 134–138, 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133823.
- [4] N. H. Sari and W. G. Laksamana, "Perancangan bilah tipe taperless pada kincir angin: Studi kasus di PT. Lentera Bumi Nusantara Tasikmalaya," *Din. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, p. 104, 2019, doi: 10.29303/dtm.v9i2.286.
- [5] B. Dahlan and Endarko, "Rancang Bangun Baling-Baling Kincir Angin Menggunakan NACA 4412 Dan 4415 Dari Bahan Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Dan Pinus (*Pinus Merkusii*)," INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA, 2016.
- [6] A. Nuraini and C. S. Abadi, "Analisis Perbandingan Bilah Turbin Angin Jenis Taper dengan Taperless pada Turbin Angin Skala Mikro di PT . Lentera Bumi Nusantara," pp. 138–146, 2019.
- [7] A. T. Ismail, "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Dengan Kapasitas 3 MW," *Presisi*, vol. 6, no. 3, p. 113, 2017.
- [8] Mujiburrahman;Heri Irawan, "Analisis Pengaruh Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Atap Rumah Pada Kecepatan Angin Rendah Menggunakan Simulasi CFD," *J. Tek. Mesin UNIKA*, vol. 3, no. 02 Mei 20218, pp. 60–65, 2018, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [9] A. Effendi and A. Yuana, "Pembangkit Listrik Sistem Hibrida Sel Surya Dengan Energi Angin," *JTE-ITP ISSN No.2252-3472*, vol. 5, no. 2252, 2016.
- [10] D. Hidayanti and G. Dewangga, "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya," *Eksergi*, vol. 15, no. 3, p. 93, 2020, doi: 10.32497/eksergi.v15i3.1784.