

RANCANG BANGUN DAN ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL MODIFIKASI MENGGUNAKAN EMPAT BUAH BLADE

Design and Performance Analysis of Modified Vertical Axis Wind Turbine Using Four Blades

Habibie¹, Remon Lapisa², Irzal³, Zainal Abadi⁴

Universitas Negeri Padang

habibie951@gmail.com; remonlapisa@ft.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 17, 2024	Jan 22, 2024	Jan 25, 2024	Jan 29, 2024

Abstract

The island country is a characteristic of Indonesia, and is located right on the equator stretching from the island of Sumatra to the island of West Papua. The need for electrical energy is increasing, but the energy generally used to produce electrical energy is fossil energy, and the problem faced by most countries, including Indonesia, is the problem of energy reduction. According to the International Energy Agency (IEA), the electricity needed is 14 terawatts per day, arguably the equivalent of 210 million barrels of oil. The objectives of this research are (1) to design a wind turbine using fiberglass as the basic material, (2) to make a turbine that can utilize wind energy for electricity generation purposes, and (3) to determine the performance of a modified 4-blade vertical wind turbine on the power it produces. can be generated. The type of research carried out uses experimental methods. The test results show that wind turbines made from fiberglass are able to achieve wind turbine efficiency of 50.7%. The conclusion drawn is that the researchers succeeded in designing a wind turbine from fiberglass as the basic material, the wind turbine can rotate properly and can produce electricity. The generator power produced increases as the wind speed increases. A wind turbine using 4 blades at a wind speed of 21.6 m/s, produces a rotation per minute of 250.6 rpm, produces 108.20 watts and a torque of 107.14 Nm.

Keywords : Wind; Blades; Get Up; Vertical Axis; Turbine

Abstrak: Negara kepulauan merupakan ciri khas dari negara Indonesia, dan berada tepat di garis khatulistiwa yang terbentang dari pulau Sumatera sampai ke pulau Papua Barat. Kebutuhan energi listrik semakin meningkat, namun energi yang umumnya digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah energi fosil, dan permasalahan yang dihadapi sebagian besar negara termasuk Indonesia adalah masalah pengurangan energi. Menurut International Energy Agency (IEA), listrik yang dibutuhkan adalah 14 terawatts per hari, bisa dibilang setara dengan 210 juta barel minyak. Tujuan dari penelitian ini ialah (1) melakukan rancang bangun turbin angin dengan bahan dasar fiberglass, (2) membuat turbin yang dapat memanfaatkan energi angin untuk keperluan pembangkit Listrik, dan (3) mengetahui kinerja/performance turbin angin vertikal modifikasi 4 sudu terhadap daya yang dapat dihasilkan. Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, turbin angin yang berbahan dasar dari fiberglass mampu mencapai efisiensi turbin angin sebesar 50,7%. Kesimpulan yang diambil ialah peneliti berhasil melakukan rancang bangun turbin angin dari bahan dasar fiberglass, turbin angin dapat berputar dengan semestinya, dan dapat menghasilkan listrik. Daya generator yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya kecepatan angin. Turbin angin dengan menggunakan 4 blade pada kecepatan angin 21,6 m/s, menghasilkan rotasi permenit 250,6 rpm, menghasilkan 108,20 watt dan torsi 107,14 Nm.

Kata Kunci: Angin; Blade; Bangun; Sumbu Vertikal; Turbin

PENDAHULUAN

Negara kepulauan merupakan ciri khas dari negara Indonesia, dan berada tepat di garis khatulistiwa yang terbentang dari pulau Sumatera sampai ke pulau Papua Barat (Abidin et al., 2020). Energi angin yang cukup besar dimiliki oleh Indonesia yang tercipta melalui perbedaan udara ataupun suhu dingin dengan panas, sehingga peredaran udara berupa pergerakan udara dari kutub utara sepanjang permukaan bumi menuju ekuator dan sebaliknya, pergerakan udara dari ekuator. Kembali ke permukaan bumi, melintasi kutub utara, menembus lapisan udara yang tebal. Kecepatan dan arah angin di Indonesia selalu berubah (Hakim, 2023).

Indonesia mempunyai potensi energi yang cukup besar. Minyak bumi pada saat ini masih menjadi pilihan sebagai sumber energi yang banyak digunakan (Parinduri & Parinduri, 2020). Mempertimbangkan cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan bertahan 9 tahun saja (Dewan Energi Nasional (DEN), 2022). Kemajuan teknologi berkelanjutan sebagai pilihan saat ini untuk mengontrol penduduk menggunakan lebih banyak bahan bakar minyak mentah (Hasid et al., 2022). Masalah energi yang berkelanjutan adalah titik fokus eksplorasi di beberapa Negara yang mempunyai potensi energi baru, pembuatan energi yang tidak berbahaya bagi ekosistem adalah pilihan yang sangat tepat (Erianto et al., 2023), seperti menggunakan turbin angin untuk menghasilkan energi. PLTB di Indonesia pada saat ini

sangat lah terbatas. Hingga saat ini terdapat baru dua PLTB yang bekerja secara komersial di Indonesia yakni, PLTB Sidrap dan PLTB Jenepono di Sulawesi Selatan (Arifa, 2022).

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat, namun energi yang umumnya digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah energi fosil, dan permasalahan yang dihadapi sebagian besar negara termasuk Indonesia adalah masalah pengurangan energi (Sugiyono, 2016). Menurut *International Energy Agency* (IEA), listrik yang dibutuhkan adalah 14 terawatts per hari, bisa dibilang setara dengan 210 juta barel minyak (Nobertus Dodi, 2020). Jika kita dapat memanfaatkan potensi energi angin ini dengan baik dan dengan optimal, tentunya energi angin dapat menghasilkan energi yang besar dan sangat membantu dalam pasokan energi nasional. Perencanaan atau perbaikan turbin angin menjadi topik pembicaraan yang telah menarik perhatian banyak ilmuwan dengan isu-isu di atas. Jenis Turbin Angin vertikal (VAWT) memiliki beberapa manfaat lebih dari berbagai jenis turbin angin horizontal (HAWT).

Energi angin belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif di Indonesia, dan pada prinsipnya energi terbarukan yaitu energi angin sangat mudah didapat dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Widyanto et al., 2018). Sumber daya energi angin terbarukan memang membutuhkan lahan strategis untuk menghasilkan energi dalam jumlah besar (Dodi & Karnowo, 2020). Energi angin dapat dikembangkan untuk menghasilkan tenaga dengan menggunakan turbin angin, dan kebanyakan penelitian terdahulu masih menggunakan bahan dari plat besi. Kelemahan dari bahan plat besi adalah karat atau korosi (Caniago, 2016), kelemahan lain dari bahan plat besi ialah bobotnya lebih berat dipanding plastik dan fiberglass, jika turbin terlalu berat akan berpengaruh terhadap kinerjanya. Modifikasi adalah serangkaian tindakan yang mengubah kondisi akan menjadi kecil dan besar, membuat kondisi berbeda dari Sebelum (Nugroho, 2017). Pada saat memodifikasi turbin vertikal dimulai dengan 2 sudu dan 4 sudu menjadi 8 sudu. Adapun bahan yang akan digunakan unruk turbin angin adalah fiberglass, alasannya, fiberglass mempunyai sifat lebih ringan, tahan lama, kuat, fleksibel dan lebih murah.

Dalam memodifikasi turbin angin dan desain turbin yang baik, penulis mengharapkan dapat memodifikasi turbin angin sumbu vertical dan mendapatkan kinerja turbin yang di harapkan, dari data BMKG Sumatera Barat diketahui kecepatan rata-rata angin Kota Padang 7,6-10 Km/jam, dan diketahui angin di kota padang tidaklah stabil atau berubah, oleh karena itu di butuhkan kipas angin untuk membatu penelitian turbin angin sumbu vertical. Peneliti

ini akan merancang mini turbin dengan ekspektasi daya dari turbin 200 watt, koefisien daya dari rotor 0,4-0,45, efisiensi generator 0,9, dengan kerapatan udara $1,224 \text{ Kg}/\text{m}^3$, dan untuk diameter *blade*/luas sapuan $0,24 \text{ m}^2$, dengan tinggi 80 cm, dan lebar 30 cm. Dalam penerapannya, memodifikasi dan mendesain turbin angin merupakan komponen penentu yang kritis.

Untuk material yang digunakan adalah material dari fiberglass, dan untuk material cetakan yang digunakan adalah material dari kayu yang sudah di bentuk sesuai desain yang ditentukan. Cetakan atau mal adalah tempat material cair (fiberglass) dioles untuk memperoleh bentuk yang sudah di desain, dalam pencetakan fiberglass yang baik, cairan fiberglass dioles secara bertahap sebanyak 4 kali dan dibarengi dengan serat fiberglass. Setelah pengolesan pertama mengering, lanjut ke pengolesan 2 dan langsung pemasangan serat fiberglass dan langsung juga ke pengolesan ke 3, setelah mengering pengolesan terakhir di lanjutkan. Turbin angin vertical sangat cocok untuk kecepatan angin rendah, turbin sumbu vertikal memiliki torsi awal yang besar pada kecepatan angin rendah (Tuapetel et al., 2019). Menurut Abidin et al. (2013) Turbin angin poros vertikal (VAWT) memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus, Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.

Melalui pemaparan diatas, penulis mengambil judul “Rancang Bangun dan Analisis Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Modifikasi Menggunakan Empat Buah Blade”. Tujuan dari penelitian ini ialah (1) melakukan rancang bangun turbin angin dengan bahan dasar fiberglass, (2) membuat turbin yang dapat memanfaatkan energi angin untuk keperluan pembangkit Listrik, dan (3) mengetahui kinerja/*performance* turbin angin vertikal modifikasi 4 sudu terhadap daya yang dapat dihasilkan.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di yang dilakukan di lantai 4 gedung tambang dan otomotif, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Aplikasi yang digunakan untuk mendesain turbin angin sumbu vertikal modifikasi adalah aplikasi solidworks, untuk diameter blade $0,24 \text{ m}^2$, dengan tinggi 80 cm, dan lebar 30 cm. Alat yang digunakan dalam pembuatan turbin diantaranya cetakan fiberglass, ember, kuas, obeng, tank, amplas, mesin las, gerinda tangan, solder, meteran, palu, kater, dan kabel Listrik. Kemudian alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

anemometer tachometer, multimeter, dan generator magnet. Selanjutnya bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin adalah serat fiberglass, resin, aerosol, catalis, pigman resin, besi pipa, besi strip, baut, besi hollow, besi siku, dan bering.

Teknik pengambilan data dilakukan melalui pengukuran kecepatan angin dengan memanfaatkan anemometer. Setelah data didapatkan kemudian dilanjutkan teknik analisis data. Diketahui kecepatan rata-rata Kota Padang 7,6-10 Km/jam dan kerapatan udara 1,2 Kg. Peneliti ini akan merancang mini turbin dengan ekspektasi daya dari turbin 200 Watt, koefisien daya dari rotor 0,4-0,45, efisiensi generator 0,9.

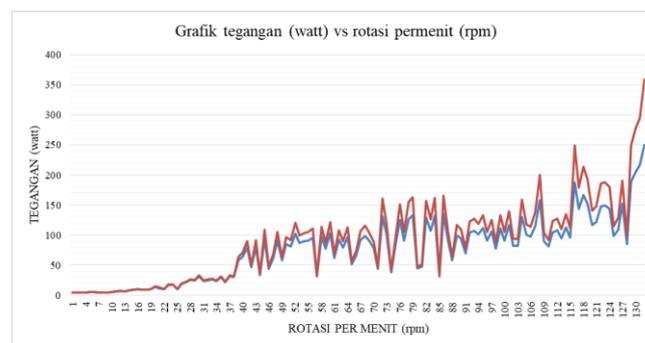
HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin angin vertical modifikasi adalah alat untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB), turbin angin ini dibuat dengan sedemikian rupa agar dapat menghasilkan listrik.



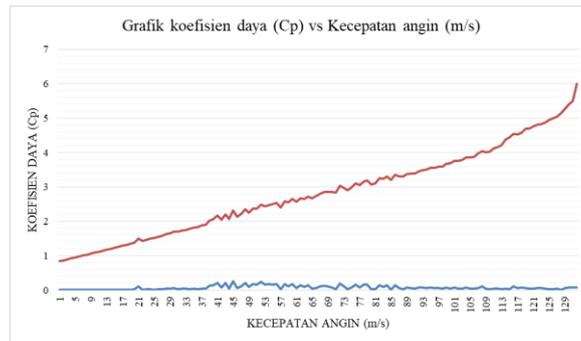
Gambar 1 Turbin Angin Vertical Modifikasi

Berikut adalah grafik yang memaparkan terkait hubungan tegangan terhadap rotasi permenit, yaitu:



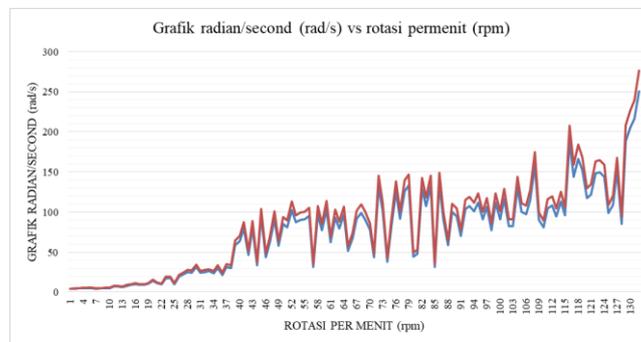
Gambar 2 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Rotasi Permenit

Pada gambar diatas diketahui nilai tegangan sangat berhubungan dengan rotasi permenit yang di dihasilkan oleh turbin angin vertical modifikasi bermaterial fiberglass, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula tengangan dan rotasi yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya tegangan dan rotasi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



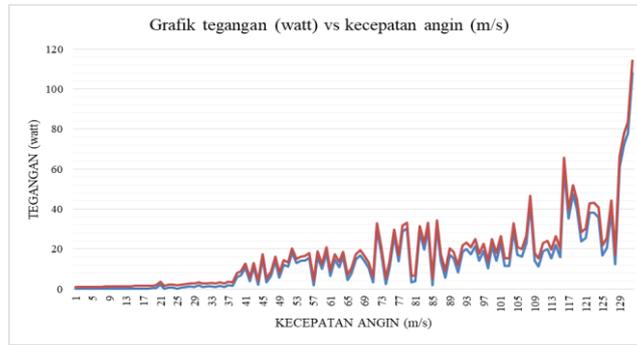
Gambar 3 Grafik Hubungan Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin

Dari Gambar 3 didapatkan bahwa, nilai koefisien daya turbin angin sangat berhubungan dengan kecepatan angin, semakin kencang kecepatan angin maka koefisien daya turbin akan meningkat.



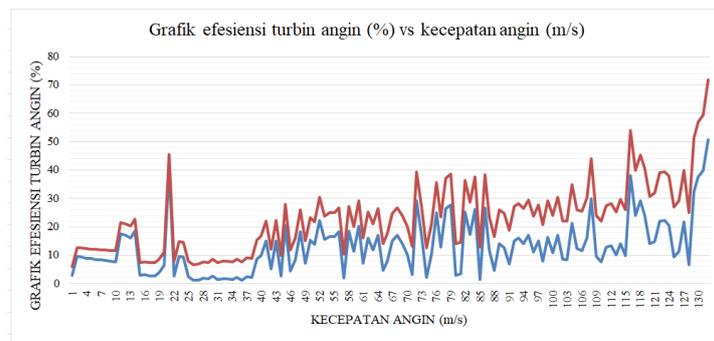
Gambar 4 Grafik Hubungan *Radian/Second* Terhadap Rotasi Permenit

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai *radian/second* sangat berhubungan dengan rotasi permenit yang dihasilkan oleh turbin angin vertical modifikasi bermaterial fiberglass. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula *radian/second* dan rotasi yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya *radian/second* dan rotasi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



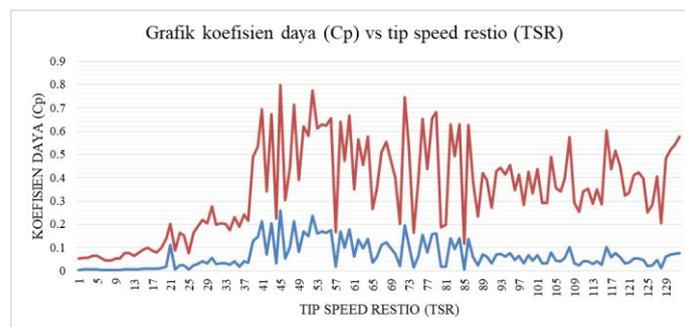
Gambar 5 Grafik Hubungan Tenggangan Terhadap Kecepatan Angin

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai tegangan juga berhubungan dengan kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya tegangan disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



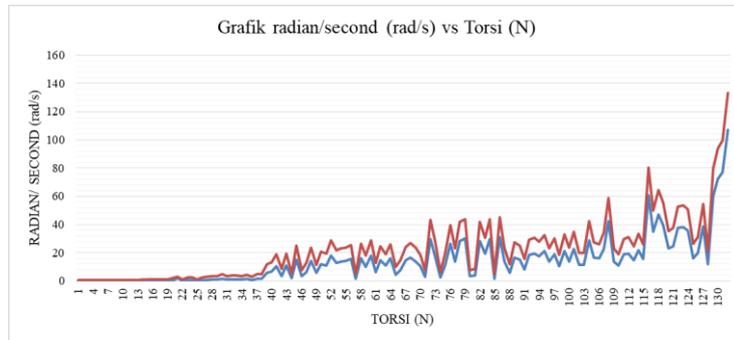
Gambar 6 Grafik Hubungan Efisiensi Turbin Angin Terhadap Kecepatan Angin

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai efisiensi turbin angin sama berhubungan dengan kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula efisiensi turbin yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya efisiensi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



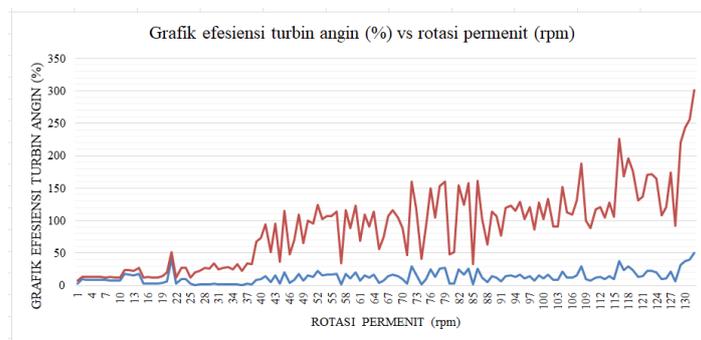
Gambar 7 Grafik Hubungan Koefisien Daya Terhadap *Tip Speed Restio*

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai koefisien daya sama berhubungan dengan *Tip Speed Restio*, adapun penyebab naik turunnya koefisien daya dan *tip speed restio*, disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



Gambar 8 Grafik Hubungan *Radian/Second* Terhadap Torsi

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai *radian/second* sama berhubungan dengan toesi yang di dihasilkan, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula *radian/second* dan torsi yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya *radian/second* dan torsi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



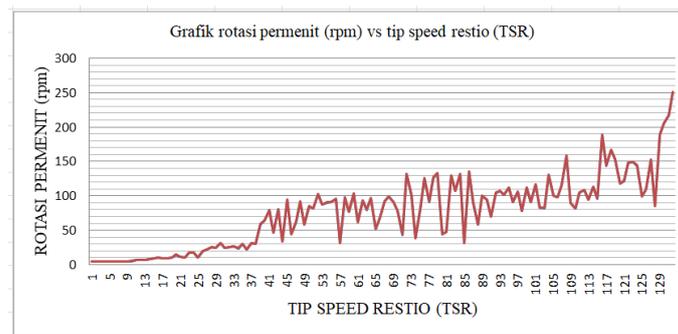
Gambar 9 Grafik Hubungan Efesiensi Turbin Angin Terhadap Rotasi Permenit

Dari Gambar diatas didapatkan bahwa, nilai efesiensi turbin angin sangat berhubungan dengan rotasi yang dihasilkan oleh turbin angin, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula efesiensi dan rotasi yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya efesiensi dan rotasi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



Gambar 10 Grafik Hubungan Rotasi Permenit Terhadap Kecepatan Angin

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai rotasi permenit juga sama dengan kecepatan angin yang didapatkan, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula rotasi yang dihasilkan, adapun penyebab naik turunnya rotasi disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.



Gambar 11. Grafik Hubungan Rotasi Permenit Terhadap *Tip Speed Restio*

Pada gambar diatas didapatkan bahwa, nilai rotasi permenit sama dengan *tip speed restio* yang dihasilkan oleh turbin angin, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula Rotasi permenit dengan Grafik *Tip Speed Restio*, adapun penyebab naik turunnya rotasi permenit dan *tip speed restio* disebabkan oleh arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda, dan kecepatan angin tidak stabil dalam waktu agak lama.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini kesimpulan yang diambil peneliti berhasil melakukan rancang bangun turbin angin dari bahan dasar fiberglass, turbin angin dapat berputar dengan semestinya, dan dapat menghasilkan listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, turbin angin yang berbahan dasar dari fiberglass mampu mencapai efisiensi turbin angin sebesar

50,7%. Daya generator yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya kecepatan angin. Turbin angin dengan menggunakan 4 *blade* pada kecepatan angin 21,6 m/s, menghasilkan rotasi permenit 250,6 rpm, menghasilkan 108,20 watt dan torsi 107,14 Nm. Dalam penelitian ini, peneliti juga mengamati dan menemukan arah angin yang datang dari dua/tiga arah yang berbeda dalam waktu yang sama, ini merupakan factor yang dapat mempengaruhi kinerja turbin angin.

Saran ditujukan kepada peneliti selanjutnya yaitu (1) Dalam pencetakan *blade* dari fiberglass, di sarankan cukup 1 lapisan serat fiberglass tipe 300, ini disarankan supaya *blade* lebih ringan dan mengharapkan kinerjanya meningkat; (2) Dalam pemilihan generatornya, disarankan disesuaikan terlebih dahulu dengan besarnya *blade*/luas penampang angin. Ini bermaksud supaya kinerjanya meningkat; (3) Merancang turbin angin secara sistematis yang mendalam, agar hasilnya sesuai yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Rolfe, B., Owen, H., Malisano, J., Martin, D., Hofstetter, J., Uggowitz, P. J., & Atrens, A. (2013). The in vivo and in vitro corrosion of high-purity magnesium and magnesium alloys WZ21 and AZ91. *Corrosion Science*, 51(4), 354–366.
- Abidin, Z., Purnomo, & Pradhana, C. (2020). *Keanekaragaman Hayati sebagai Komunitas*. Fakultas Pertanian Universitas KH.A. Wahab Hasbullah.
- Arifa, S. N. (2022). *An analysis of students' conjunction errors in writing narrative text*. Ar-Rainry State Islamic University Banda Aceh.
- Caniago, Z. B. (2016). Kecepatan Korosi Oleh 3 Bahan Oksidan Pada Plat Besi. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 161–166.
- Dodi, N., & Karnowo. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 18(1), 1–17.
- Erianto, B., Elektro, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, S. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2023). Perancangan Panel Surya untuk Kebutuhan Darurat Rumah Tinggal dengan Sistem Switch Perancangan Panel Surya untuk Kebutuhan Darurat Rumah Tinggal dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(3), 76–82.
- Hakim, F. R. (2023). Efektivitas Proses Penyidikan Tindak Pidana Siber Studi di Kepolisian Resort Banggai. *Tadulako Master Law Journal*, 7(3), 464–489.
- Hasid, Z., Noor, A., & Kurniawan, E. (2022). *Monograf Ekonomi Sumber Daya Alam Dalam Lensa*. Cipta Media Nusantara.
- Nugroho, B. S. (2017). *Modifikasi Mobil Sebagai Pembentukan Identitas (Studi Kasus Pada Anggota Kreasi Otak Gue (KOG) Lampung)*. Universitas Lampung.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 88–92.

- Sugiyono, A. (2016). Outlook Energi Indonesia 2015-2035: Prospek Energi Baru Terbarukan. *Jurnal Energi Dan Lingkungan*, 12(2), 87–96.
- Tuapetel, J. V., Triprayoga, I. A., & Santika, P. M. (2019). Analisis dan pengujian kinerja turbin angin Savonius 4 sudu. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 46–52.
- 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*, 1–12.