

Indonesia's Breakthrough in Maximizing Wind Energy Efficiency Through Optimized Blade Configuration: Terobosan Indonesia dalam Memaksimalkan Efisiensi Energi Angin Melalui Konfigurasi Blade yang Dioptimalkan

Rohmad Arvento Yoga
Prasetiyo
Eng Rahmad Firdaus

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Indonesia faces rising energy demand, risking an energy crisis and increased fossil fuel dependence. This study explores using NACA 0021 airfoil blades to improve wind turbine performance by analyzing the effect of different rotor blade numbers. Conducted at Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, the research tested turbines with 2, 3, and 4 blades, measuring current, voltage, power, and efficiency. Results showed that more rotor blades enhance turbine performance, increasing current and voltage output. This suggests optimizing blade configurations can significantly boost small-scale wind energy systems, helping reduce fossil fuel reliance and mitigate the energy crisis.

Highlights:

1. More rotor blades boost turbine performance: increased current and voltage.
2. NACA 0021 airfoil optimizes small-scale power generation.
3. Effective blade configuration reduces fossil fuel reliance, mitigating energy crises.

Keywords: wind energy, NACA 0021, rotor blades, turbine performance, renewable energy

Pendahuluan

Pentingnya kebutuhan energi dalam kehidupan manusia, seperti halnya energi listrik, tidak dapat dipisahkan dalam aktivitas sehari-hari. Ketergantungan manusia terhadap energi listrik tidak dapat dipisahkan[1]. Pertumbuhan penduduk yang masih pesat meningkatkan permintaan energi listrik, dan perkiraan populasi akan meningkat dari 7 miliar menjadi 9 miliar tahun depan, pada tahun 2050 di awal abad ke-21[2].

Di sisi lain, meningkatnya permintaan energi listrik berarti pasokan energi listrik Indonesia semakin berkurang. Akibat berkurangnya pasokan listrik, masalah serius krisis listrik di Indonesia akhir-akhir ini muncul. Belum lagi distribusi listrik yang tidak merata di pelosok Indonesia[3]. Indonesia dikenal dengan potensi sumber daya alam yang melimpah yang dapat dimanfaatkan untuk mengelola pembangkit listrik seperti sungai, waduk, batu bara dan udara. Berdasarkan sumber daya alam yang dapat menjadi sumber utama pembangkit tenaga listrik, maka perlu dilakukan pemanfaatan sumber daya alam tersebut untuk mengatasi masalah ketersediaan tenaga listrik[4]. Oleh karena itu, diperlukan suatu ide untuk menggunakan NACA 0021 untuk mempelajari

dan menganalisis pengaruh jumlah bilah rotor terhadap kinerja turbin angin[5]. Ini adalah langkah pertama dalam membuat pembangkit listrik tenaga air menggunakan lembar NACA0021.

Metode

A. Ruang Lingkup Penelitian Ruang lingkup penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. disitu memulai pembuatan spesimen dan mengumpulkan data tentang wind turbin NACA 0021 dan juga pengadaan bahan material yang akan di buat penelitian.

B. Study Literatur Studi literatur dilakukan untuk mengetahui sejauh mana penelitian lainnya yang hampir sama memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang dibahas dengan cara mempelajari teori - teori yang relevan. Teori - teori tersebut bisa diperoleh dari buku - buku, jurnal penelitian, skripsi, tesis, artikel dan lain - lain. Selain itu untuk mendapatkan informasi bisa dilakukan dengan cara observasi lapangan, dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang ada di tempat penelitian dan mengumpulkan data - data yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan.

C. Diagram *Flowchat*



Figure 1. *Flowchat*

D. Alat dan Bahan

1. Material turbin memakai aluminium plate 0,6 mm, lapisan aluminium 0,3 mm
2. Pipa aluminium
3. Airfoil yang di pakai adalah jenis NACA 0021
4. Generator 24 volt
5. Pully

6. Fanbelt

7. Inverter



Figure 2. *Airfoil*

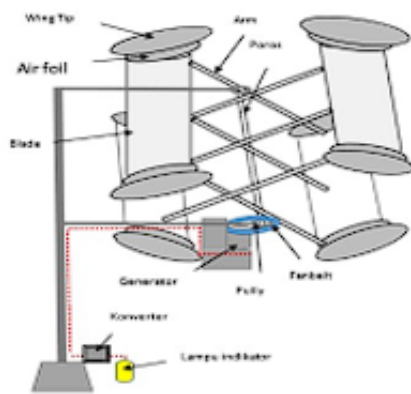


Figure 3. *Desain Alat*

E. Prosedur Pengambilan Data

1. Pemasangan rangkain alat uji seperti kincir angin dengan 4 blade, pully, fan belt, generator[6]
2. NACA Sheet 0021 bladeless tip wind turbine tests pada blade 2,3 dan 4 ditujukan untuk menentukan performa operasi terbaik alat tersebut.
3. Mencatat hasil yang ditampilkan pada tampilan inverter.

Hasil dan Pembahasan

A. Pengambilan Data



Figure 4. Alat Wind Turbin Menggunakan Blade NACA 0021

Pengambilan data dilakukan tanpa menggunakan beban untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin[7]. Komponen ini akan digunakan dalam perancangan peralatan angin. Karena wingtip sendiri berfungsi sebagai penghemat bahan bakar, maka jarak tempuh pesawat menjadi lebih panjang dan hal ini mengurangi nilai *induced drag* sehingga dapat meningkatkan performa[8]. sayap, yang meningkatkan kinerja pesawat bahkan tanpa melebarkan sayap lebar sayap pesawat[9]. Ujung sayap juga merupakan bagian *aerodinamis* yang digunakan untuk mengurangi hambatan akibat *vortisita*[10].

No	Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	Kuat Arus(Ampere)	Tegangan(Volt)	Daya Angin	Daya Turbin	Efisiensi
1	2	6	0,3	9,2	30	1,84	0,061
2	2	6	0,2	9,1	30	1,82	0,060
3	2	6	0,2	9,1	30	1,82	0,060
Nilai	Rata-rata		0,2	9,1	30	2,13	0,240

Table 1. Hasil Pengaruh Jumlah Sudu Blade 2

No	Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	Kuat Arus(Ampere)	Tegangan(Volt)	Daya Angin	Daya Turbin	Efisiensi
1	3	6	0,9	10	30	9	0,3
2	3	6	1	10,3	30	10,3	0,34
3	3	6	1	10,1	30	10,1	0,33
Nilai	Rata-rata		0,96	10,1	30	9,8	0,32

Table 2. Hasil Pengaruh Jumlah Sudu Blade 3

No	Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	Kuat Arus(Ampere)	Tegangan(Volt)	Daya Angin	Daya Turbin	Efisiensi
1	4	6	1,3	11,2	30	14,56	0,485
2	4	6	1,3	11,3	30	14,69	0,489
3	4	6	1,4	11,5	30	16,10	0,536
Nilai	Rata-rata		1,3	11,3	30	15,11	0,503

Table 3. Hasil Pengaruh Jumlah Sudu Blade 4

No	Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	Kuat Arus(Ampere)	Tegangan(Volt)	Daya Angin	Daya Turbin	Efisiensi
1	2	6	0,3	9,2	30	1,84	0,061
2	3	6	1	10,3	30	10,3	0,34
3	4	6	1,4	11,5	30	15,11	0,536

Table 4. Pengambilan Data Terbaik Dari Hasil Pengujian

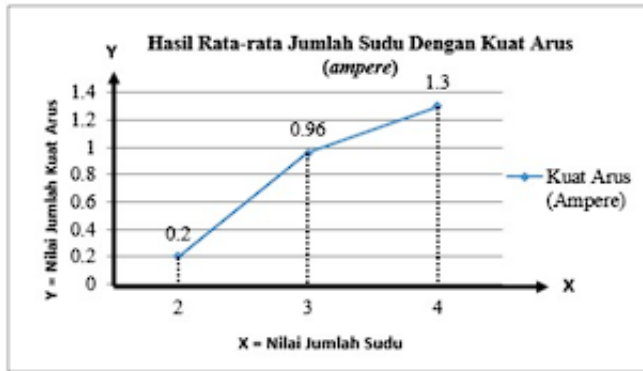


Figure 5. Grafik Rata-rata Jumlah Sudu

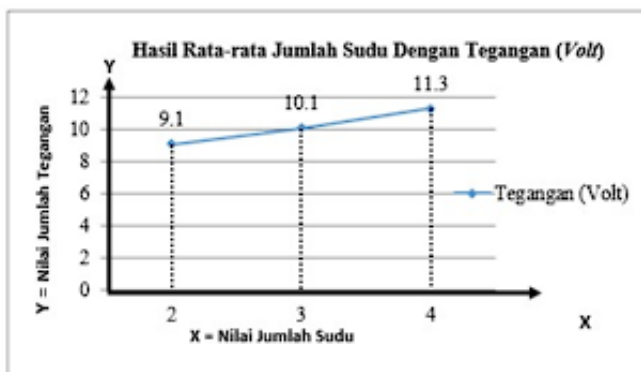


Figure 6. Grafik Rata-rata Jumlah Sudu Dengan Blade Dengan Arus (Ampere). Tegangan (Volt).

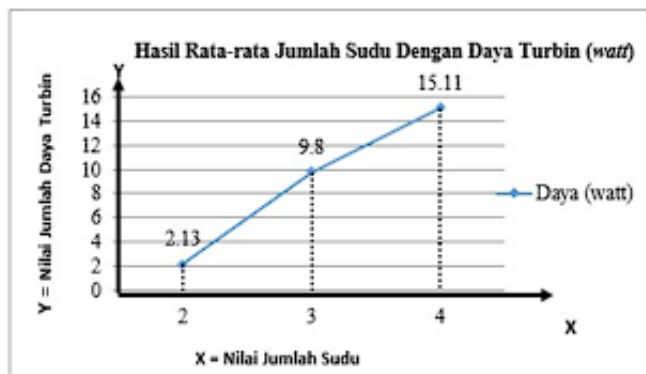


Figure 7. Grafik Rata-rata Jumlah Sudu Blade Dengan Daya (Watt)

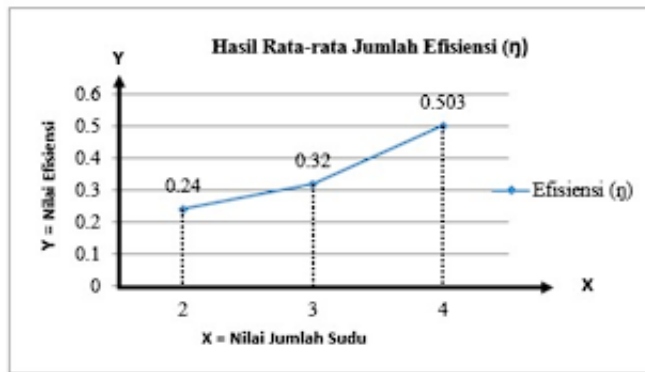


Figure 8. Grafik Rata-rata Jumlah Sudu Dengan Efisiensi

Berdasarkan data di atas, maka diperoleh nilai rata-rata pengaruh baling-baling 4 terhadap Arus (*Amps*), Tegangan (*Volt*)[11], Daya Turbin (*Watt*) dan Efisiensi seperti terlihat pada Tabel 4.1 dan Nilai Rata-rata Rata-ratanya jumlah sudu adalah 3 ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan nilai rata-rata jumlah sudu adalah 2 ditunjukkan pada Tabel 4.3. Ada juga grafik yang menunjukkan nilai arus rata-rata (*Amps*)[12], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Grafik 4.3 menunjukkan rata-rata tegangan (*Volt*), Grafik 4.4 menunjukkan rata-rata daya turbin (*Watt*) dan terakhir Grafik 4.5 menunjukkan rata-rata nilai efisiensi[13].

Diberi peringkat 1,4 (*Amps*) dan diberi peringkat 11,5 (*Volt*), hitungan 4 bilah menjadi bilah paling berharga. Hal ini dimungkinkan karena sudu 4 memiliki kecepatan tangensial[14] yang lebih besar dibandingkan sudu lain mengenai bilah dengan jumlah bilah lebih dan kurang dari 4 tidak dapat bekerja dengan baik karena sebagian besar angin yang mengenai bilah terbuang sia-sia di kedua sisi sayap. Pada sudut 4, lebih banyak angin yang mengenai bilah dari satu sisi bilah daripada dari kedua sisi bilah. Hal ini juga diperkuat dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa turbin angin dengan jumlah sudu 3 lebih baik dibandingkan dengan turbin angin dengan jumlah sudu kurang dari 3[15]. untuk mengubah jumlah sudu untuk energi angin sesuai dengan hasil p ANOVA < 0,05, hasil pengujian menunjukkan jumlah sudu 4 menghasilkan daya pembangkit rata-rata tertinggi sebesar 0,503 watt per sudu dibandingkan dengan jumlah sudu yang lebih rendah (3(0,32 watt) dan 2 (0,070 watt)).

Hal ini juga mempengaruhi nilai daya turbin atau kemampuan turbin untuk menghasilkan listrik jumlah sudu turbin angin adalah jumlah sudu 4 In Juga, pada sudu 4 (sudu terbaik) pengujian lebih lanjut akan dilanjutkan ke mengetahui pengaruh kinerja turbin angin menggunakan NACA 0021 [16] untuk mengumpulkan data kinerja turbin angin pada beberapa sudu 4.

Simpulan

Pengaruh jumlah sudu rotor *blade* terhadap kinerja turbin angin dengan jumlah 2,3 dan 4 dengan kecepatan angin yang sama maka penambahan sudu rotor *blade* pada kinerja turbin angin menaikkan kuat arus (*ampere*) dan tegangan (*volt*) dan turbin angin menghasilkan daya turbin maksimum menggunakan pengaruh jumlah sudu rotor *blade*.

References

- [1] Y. Cafasso, "Unjuk Kerja Kincir Angin Poros Vertikal Model WePOWER," Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2016.
- [2] P. D. Dietzel, Turbin, Pompa dan Kompresor. Wurzburg: Erlangga, 1980.
- [3] E. Edo, "Unjuk Kerja Turbin Angin Darrieus Tipe H Berpenampang Sudu Naca 2415 dengan Tiga Variasi Diameter," Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi.

Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2019.

4. [4] E. Achdi, "Uji Prestasi Mesin," Modul Praktikum, Bandung, Teknik Mesin UNPAS, 2015, pp. 23-36.
5. [5] M. Ibnu, "Pengaruh Wing Tip Sudut Blade Rotor Terhadap Unjuk Kerja Wind Turbin dengan Menggunakan Blade Naca 0018," Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah, Sidoarjo, 2020.
6. [6] M. Nechleba, Hydraulic Turbines: Their Design and Equipment. London: ARTIA-PRAGUE, 1957.
7. [7] S. J. Niranjana, "Power Generation by Vertical Axis Wind Turbine," International Journal of Emerging Research in Management & Technology, vol. 4, no. 7, pp. 1-7, 2015.
8. [8] O. Hammond, S. Hunt, and E. Machlin, "Design of an Alternative Hybrid Vertical Axis Wind Turbine," Bachelor Theses, Worcester Polytechnic Institute, United States, 2014.
9. [9] A. Putranto, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga," Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
10. [10] A. R. Saputra, "Unjuk Kerja Kincir Angin Model Propeler Tiga Sudu Berpenampang Lintang Airfoil Naca 0021 dengan Tiga Variasi Kemiringan Sudut 10°, 15°, 20°," Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2019.
11. [11] S. Sunyoto, "Klasifikasi Turbin Air," Retrieved February 30, 2013.
12. [12] S. Brusca, R. Lanzafame, and M. Messina, "Design of a Vertical-Axis Wind Turbine: How the Aspect Ratio Affects the Turbine's Performance," International Journal of Energy and Environmental Engineering, vol. 5, no. 4, pp. 333-340, 2014.
13. [13] W. Kaddihani, Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain. Tangerang, 2017.
14. [14] W. Arismunandar, Penggerak Mula Turbin. Bandung: ITB, 1997.
15. [15] P. Wibowo, Turbin Wind. Graha Ilmu, Jakarta, 2007.
16. [16] Y. Sumargi, "Modifikasi Dinamometer Daya Uji Prestasi Turbin Aksial Laboratorium UPM Teknik Mesin Universitas Pasundan," Universitas Pasundan, Bandung, 2016.