



TEKNOTIKA Vol. 6, No. 2, 2026

Analisis Efisiensi Turbin Angin Sumbu Horizontal Skala Laboratorium

Azizi Hakim^{1*}, Fahmi Qudratullah²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi dan informatika, Universitas Mathla'ul Anwar Banten
Email: Zeehakim@gmail.com

Abstrak. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan turbin angin. Penelitian ini membahas analisis efisiensi turbin angin sumbu horizontal skala laboratorium dengan variasi sudut pitch bilah. Parameter yang diamati meliputi kecepatan angin, putaran rotor, tegangan keluaran, dan daya listrik. Hasil menunjukkan bahwa sudut pitch memengaruhi daya keluaran turbin. Sudut pitch 15° menghasilkan daya tertinggi pada data pengujian. Penelitian ini menunjukkan pentingnya optimasi geometri bilah untuk meningkatkan efisiensi konversi energi angin.

Kata kunci: turbin angin; energi terbarukan; pitch; efisiensi; rotor

1 Pendahuluan

Kebutuhan energi yang terus meningkat mendorong pengembangan energi terbarukan, salah satunya energi angin [1][2]. Turbin angin sumbu horizontal banyak digunakan karena memiliki efisiensi aerodinamis yang baik pada kecepatan angin tertentu [3][4][5].

Kinerja turbin angin dipengaruhi oleh geometri bilah, sudut pitch, kecepatan angin, dan beban generator. Sudut pitch yang tepat dapat meningkatkan gaya angkat dan daya keluaran turbin.

2 Metode penelitian

Pengujian dilakukan menggunakan turbin angin skala laboratorium dengan tiga bilah. Variasi sudut pitch yang diuji adalah 5°, 10°, 15°, dan 20°.

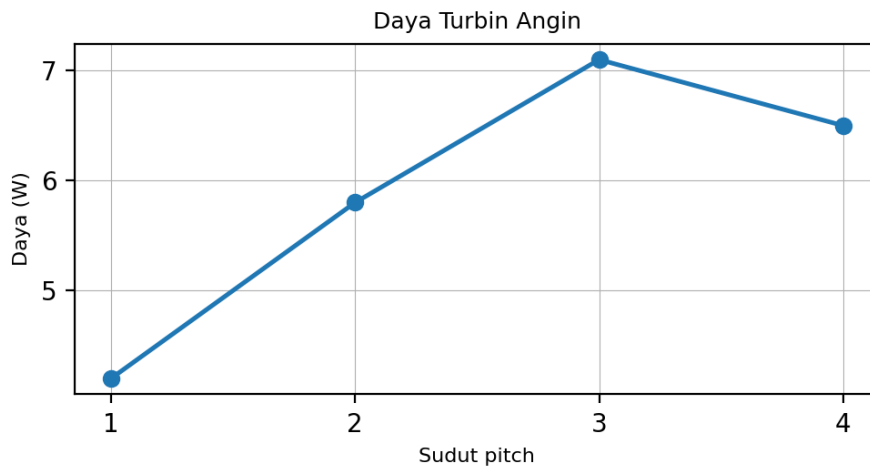
Kecepatan angin dibuat konstan menggunakan blower. Tegangan dan arus keluaran generator diukur untuk menghitung daya listrik.

Daya listrik keluaran dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P = V \times I \quad (1)$$

Tabel 1. Variasi Sudut Pitch dan Daya Keluaran

No	Sudut Pitch	Putaran (rpm)	Daya (W)
1	5°	620	4.2
2	10°	780	5.8
3	15°	910	7.1
4	20°	850	6.5



Gambar 1. Pengaruh Sudut Pitch terhadap Daya Keluaran Turbin

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan pengujian eksperimental turbin angin mini dengan menempatkan turbin angin sumbu horizontal skala laboratorium sebagai objek utama pengamatan. Rancangan penelitian diarahkan untuk memperoleh hubungan antara sudut pitch bilah dan daya keluaran melalui pengamatan terstruktur, pencatatan parameter, dan perbandingan hasil antar kondisi uji. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk penelitian teknik mesin yang membutuhkan gambaran perilaku sistem secara nyata dan mudah direplikasi pada skala laboratorium maupun lapangan.

Variabel bebas dalam penelitian ini berkaitan dengan kondisi pengujian yang diberikan kepada objek, sedangkan variabel terikat adalah respons teknis yang diamati. Parameter yang diamati meliputi sudut pitch, kecepatan angin, putaran rotor, tegangan, arus, daya keluaran, dan efisiensi. Dengan pemisahan variabel tersebut, proses analisis dapat dilakukan lebih terarah sehingga perubahan nilai pada hasil pengujian dapat dikaitkan dengan kondisi uji yang diberikan.

Alat dan bahan utama yang digunakan meliputi turbin angin tiga bilah, blower/kipas angin, generator kecil, tachometer, multimeter, dan beban listrik. Setiap alat diposisikan sesuai fungsi pengukuran agar data yang diperoleh menggambarkan kondisi kerja objek penelitian. Sebelum pengujian dilakukan, alat ukur diperiksa untuk memastikan pembacaan berada pada kondisi stabil dan tidak menimbulkan penyimpangan yang terlalu besar.

2.2 Tahapan Pengambilan Data

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah teknis, penentuan variabel uji, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan pengujian, pencatatan data, serta analisis hasil. Setiap tahap dilakukan secara berurutan agar penelitian memiliki alur yang sistematis. Dalam konteks penelitian terapan, alur kerja yang jelas sangat penting karena memudahkan peneliti menelusuri kembali sumber data dan memeriksa konsistensi hasil.

Pengambilan data dilakukan dengan mengondisikan objek uji pada beberapa variasi yang telah ditentukan. Pada setiap variasi, pengukuran dilakukan setelah sistem berada pada kondisi yang relatif stabil. Data yang dicatat tidak hanya berupa angka utama, tetapi juga catatan visual atau fenomena pendukung, seperti perubahan respons, kestabilan operasi, dan gejala teknis yang muncul selama proses pengujian.

Untuk mengurangi kesalahan pengamatan, setiap data sebaiknya dibaca pada posisi alat ukur yang sama dan dicatat dalam format tabel. Apabila terdapat data yang menyimpang terlalu jauh dari kecenderungan umum, data tersebut perlu diperiksa kembali dengan melihat kondisi alat, cara pembacaan, dan kestabilan objek uji. Langkah ini penting agar hasil yang disajikan tidak hanya berupa angka, tetapi juga memiliki dasar interpretasi teknis.

Tabel 2. Tahapan Analisis Metode Penelitian

Tahap	Kegiatan	Tujuan Analisis
1	Identifikasi variabel dan parameter pengujian	Menentukan batas pengamatan agar penelitian terarah
2	Persiapan alat ukur dan objek uji	Menjamin data diperoleh dari kondisi yang konsisten
3	Pelaksanaan pengujian pada beberapa variasi	Membandingkan respons teknis antar kondisi uji
4	Pencatatan dan tabulasi data	Memudahkan analisis kecenderungan hasil
5	Interpretasi hasil dan pembahasan teknis	Menghubungkan data dengan fenomena mekanik yang terjadi

2.3 Analisis Metode

Analisis metode dilakukan dengan menilai kesesuaian antara tujuan penelitian, variabel uji, alat ukur, dan teknik pembacaan data. Pada penelitian ini, daya keluaran dan efisiensi dibandingkan pada variasi sudut pitch untuk melihat sudut yang menghasilkan performa terbaik. Metode deskriptif-komparatif digunakan karena fokus utama penelitian adalah membandingkan perubahan respons pada beberapa kondisi, bukan membangun model prediksi yang kompleks.

Kekuatan metode ini terletak pada kemudahan penerapan, kebutuhan alat yang relatif sederhana, dan kemampuan menjelaskan gejala teknis secara langsung. Namun, metode ini tetap memerlukan ketelitian dalam menjaga konsistensi pengujian. Faktor seperti kondisi lingkungan, kestabilan alat ukur, waktu pengamatan, dan cara pemasangan sensor dapat memengaruhi data yang diperoleh.

Dari sisi validitas teknis, metode dinilai layak apabila hasil pengamatan menunjukkan pola yang sesuai dengan prinsip dasar teknik mesin. pitch yang tepat dapat meningkatkan gaya angkat bilah dan memperbaiki konversi energi angin menjadi energi mekanik. Dengan demikian, analisis tidak hanya menekankan besar kecilnya angka, tetapi juga menjelaskan alasan teknis di balik perubahan data tersebut.

Potensi kesalahan dalam metode dapat muncul dari pembacaan alat ukur yang tidak konsisten, perubahan kondisi lingkungan, dan perbedaan perlakuan pada tiap variasi pengujian. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan pentingnya pengujian berulang, pencatatan sistematis, dan perbandingan hasil dengan teori dasar. pitch terlalu kecil atau terlalu besar dapat menurunkan torsi, menyebabkan stall, dan mengurangi daya keluaran.

2.4 Teknik Pengolahan dan Interpretasi Data

Data yang diperoleh dari pengujian diolah dalam bentuk tabel dan grafik agar kecenderungan hasil lebih mudah diamati. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai antar variasi, menghitung selisih perubahan, dan menilai apakah pola data menunjukkan peningkatan, penurunan, atau kestabilan. Penyajian dalam bentuk grafik membantu memperjelas hubungan antara variabel uji dan respons teknis yang dihasilkan.

Interpretasi data dilakukan secara bertahap. Pertama, data utama dibaca berdasarkan nilai tertinggi dan terendah. Kedua, perubahan antar kondisi dibandingkan untuk mengetahui sensitivitas objek terhadap perlakuan uji. Ketiga, hasil dihubungkan dengan teori dasar, misalnya perpindahan panas, gesekan, kekuatan material, getaran, atau konversi energi sesuai topik penelitian. Keempat, hasil dianalisis untuk menentukan implikasi praktis terhadap perawatan, desain, atau proses manufaktur.

Hasil dapat menjadi dasar pembelajaran energi terbarukan dan optimasi sederhana geometri turbin angin. Dengan teknik analisis ini, hasil penelitian diharapkan tidak hanya menjelaskan data numerik, tetapi juga memberikan gambaran teknis yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan praktikum, perancangan sederhana, maupun pengambilan keputusan awal pada bidang teknik mesin.

3 Hasil dan Pembahasan

Daya keluaran meningkat dari 4,2 W pada sudut pitch 5° menjadi 7,1 W pada sudut pitch 15°. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa perubahan sudut pitch dapat memperbaiki interaksi bilah dengan aliran angin.

Pada sudut 20°, daya menurun menjadi 6,5 W. Penurunan ini dapat disebabkan oleh peningkatan drag sehingga putaran rotor tidak lagi optimal.

3.1 Analisis Kecenderungan Hasil

Kecenderungan hasil menunjukkan bahwa respons turbin angin sumbu horizontal skala laboratorium dipengaruhi oleh perubahan kondisi pengujian. Pola yang diperoleh memperlihatkan adanya hubungan antara sudut pitch bilah dan daya keluaran. Hubungan ini penting karena menunjukkan bahwa parameter operasi tidak dapat dipisahkan dari karakteristik sistem yang diuji.

Dalam penelitian teknik mesin, kecenderungan hasil sering kali lebih penting daripada nilai tunggal yang berdiri sendiri. Nilai pengukuran perlu dilihat sebagai bagian dari pola perubahan. Apabila data menunjukkan peningkatan bertahap, maka dapat diasumsikan bahwa variabel bebas memberikan pengaruh terhadap respons sistem. Sebaliknya, jika data cenderung tidak beraturan, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan alat ukur atau metode pengujian.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, interpretasi utama penelitian ini adalah bahwa pitch yang tepat dapat meningkatkan gaya angkat bilah dan memperbaiki konversi energi angin menjadi energi mekanik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode pengujian yang digunakan mampu memberikan gambaran awal mengenai performa objek penelitian pada variasi kondisi yang berbeda.

Tabel 3. Interpretasi Hasil Pengujian

Aspek Analisis	Temuan Utama	Makna Teknis
Variasi pengujian	Respons berubah sesuai kondisi uji	Objek sensitif terhadap perubahan parameter operasi
Kestabilan data	Pola data dapat dibandingkan antar kondisi	Metode pengamatan layak digunakan untuk analisis awal
Kinerja sistem/material	Terdapat kondisi yang menunjukkan performa lebih baik	Perlu pemilihan parameter kerja yang tepat
Implikasi praktis	Hasil dapat diterapkan sebagai dasar evaluasi teknis	Bermanfaat untuk perawatan, desain, atau pembelajaran laboratorium

3.2 Pembahasan terhadap Analisis Metode

Pembahasan terhadap metode menunjukkan bahwa pendekatan pengujian sederhana masih relevan untuk menghasilkan data awal yang bermanfaat. Metode ini memberikan ruang bagi peneliti untuk memahami fenomena secara langsung sebelum menggunakan model analitik atau simulasi yang lebih kompleks. Kelebihan lainnya adalah proses pengujian dapat dilaksanakan dengan alat yang relatif mudah diperoleh dan dapat diterapkan di laboratorium pendidikan.

Meskipun demikian, keterbatasan metode harus diperhatikan. Penelitian ini belum menempatkan seluruh faktor lingkungan sebagai variabel kontrol yang ketat. Dalam pengujian teknik mesin, faktor temperatur ruang, kondisi komponen, ketelitian alat ukur, dan cara operator melakukan pembacaan data dapat memengaruhi hasil. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu dipahami sebagai kajian awal yang memberikan indikasi kecenderungan, bukan sebagai nilai standar industri yang bersifat mutlak.

Kekuatan utama penelitian terletak pada kesesuaian antara rancangan metode, parameter pengamatan, dan pembahasan hasil. Dengan adanya tabel dan grafik, pembaca dapat melihat perubahan respons secara lebih mudah. Analisis metode juga membantu menjelaskan mengapa suatu kondisi menghasilkan nilai tertentu, sehingga artikel tidak hanya menyajikan data, tetapi juga memberikan alasan teknis yang dapat dipahami.

3.3 Implikasi Teknik Mesin

Dari sisi penerapan teknik mesin, hasil penelitian memberikan masukan terhadap proses evaluasi, perancangan, atau perawatan komponen. Hasil dapat menjadi dasar pembelajaran energi terbarukan dan optimasi sederhana geometri turbin angin. Implikasi ini menunjukkan bahwa penelitian sederhana tetap dapat memberikan manfaat praktis apabila variabel, metode, dan analisis disusun secara sistematis.

Pada kegiatan pembelajaran, artikel ini dapat digunakan sebagai contoh penerapan metode penelitian eksperimental atau deskriptif dalam bidang teknik mesin. Mahasiswa dapat memahami bagaimana masalah teknis diidentifikasi, bagaimana parameter dipilih, bagaimana data diperoleh, dan bagaimana hasil diinterpretasikan. Dengan demikian, artikel tidak hanya berfungsi sebagai laporan hasil, tetapi juga sebagai media pembelajaran metode penelitian.

Dalam pengembangan penelitian berikutnya, metode dapat diperluas dengan menambah jumlah variasi, melakukan pengulangan pengujian, menggunakan alat ukur dengan akurasi lebih tinggi, dan menerapkan analisis statistik sederhana. Penelitian lanjutan juga dapat membandingkan hasil eksperimen dengan simulasi numerik agar pemahaman terhadap fenomena menjadi lebih komprehensif.

3.4 Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian ini terletak pada skala pengujian yang masih sederhana dan jumlah variasi yang terbatas. Hasil yang diperoleh cukup untuk menunjukkan kecenderungan awal, tetapi belum dapat mewakili seluruh kondisi operasi yang mungkin terjadi di lapangan. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu dilihat sebagai dasar pengembangan, bukan sebagai kesimpulan akhir yang menutup kemungkinan pengujian lanjutan.

Selain itu, beberapa faktor eksternal belum sepenuhnya dikendalikan, seperti kondisi lingkungan, variasi operator, dan kemungkinan perubahan karakteristik alat selama pengujian. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi pembacaan data. Untuk meningkatkan reliabilitas, penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengulangan lebih banyak, menggunakan standar pengujian yang lebih formal, serta membandingkan hasil dengan referensi teknis yang lebih spesifik.

Meskipun memiliki keterbatasan, penelitian ini tetap memberikan kontribusi dalam bentuk rancangan analisis sederhana yang mudah dipahami dan diterapkan. Penambahan analisis metode membuat pembahasan lebih kuat karena pembaca dapat melihat hubungan antara prosedur penelitian dan hasil yang diperoleh.

4 Kesimpulan

- Sudut pitch bilah berpengaruh terhadap daya keluaran turbin angin.
- Sudut pitch 15° menghasilkan daya tertinggi pada data pengujian.
- Optimasi bentuk dan sudut bilah diperlukan untuk meningkatkan efisiensi turbin angin skala kecil.

5 Daftar pustaka

- [1] E. Heriana, M. A. Hakim, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "Analisis Kapasitas Baterai Dan Sistem Charger," *Technoma*, vol. 02, no. 01, 2022.
- [2] M. A. Hakim, E. Heriana, M. A. Hakim, S. Sukmara, and D. Susanto, "Perancangan kendaraan kampus dengan penggerak motor listrik," *Technoma*, vol. 01, no. 02, pp. 60–66, 2022.
- [3] S. Pendukung, K. Klasifikasi, R. Rizky, Z. Hakim, and N. N. Wardah, "PEGAWAI TERBAIK MENGGUNAKAN METODE NAIVE BAYES DI UNIVERSITAS MATHLA ' UL ANWAR BANTEN "," vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [4] A. G. Pratama, R. Rizky, A. M. Yunita, and N. N. Wardah, "Implementasi Metode Backward Chaining untuk Diagnosa Kerusakan Motor Matic Injection," *Explor. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 11, no. 2, p. 91, 2020, doi: 10.36448/jsit.v11i2.1515.
- [5] T. Hidayat, M. Ridwan, M. F. Iqbal, R. Rizky, and W. E. Manongga, "Determining Toddler ' s Nutritional Status with Machine Learning Classification Analysis Approach," vol. 24, no. 2, pp. 235–246, 2025, doi: 10.30812/matrik.v24i2.4092.

