

Analisis Perbandingan Performa Aerodinamika Turbin Darrieus Poros Vertikal dengan Profil NACA 0018: Pengaruh Jumlah Sudu dan Sudut Sudu

Jihan Z Rosafira¹, Afif N Musthofa², Robi Kurniawan³, Arif F Juwito⁴, Jhon H Purba⁵, Sulistiono⁶
^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Juni 1, 2026
 Revised Juni 25, 2026
 Accepted Juni 30, 2026

Kata Kunci:

Turbin Darrieus,
 Koefisien Daya,
 NACA 0018.

Keywords:

*Darrieus Turbine,
 Power Coefficient,
 NACA 0018.*

ABSTRAK

Penelitian ini menyatukan temuan dari literatur berbagai studi eksperimen dan simulasi untuk memahami bagaimana jumlah sudu (2,3,4,dan 5) dan sudut sudu (-10°, -5°, 0°, 5°, 10°) mempengaruhi Cp pada turbin Darrieus tipe H/Darrieus menggunakan NACA 0018. Bukti empiris dan numerik konsisten menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu meningkatkan solidity rotor, yang secara umum meningkatkan starting torque dan Cp pada TSR rendah, namun berpotensi menurunkan Cp puncak pada TSR menengah hingga tinggi karena drag dan interaksi wake meningkat. Sudut sudu negatif hingga kecil (sekitar -5° hingga -10°) dapat meningkatkan Cp pada setengah siklus upwind, tetapi dapat menurunkan torsi pada setengah siklus lain karena perubahan lift ke stall pada sudut serang yang berbeda. Temuan khusus untuk konfigurasi NACA 0018 menunjukkan bahwa 4 sudu dengan sudut sudu sekitar 5° dapat memberikan Cp maksimum yang kompetitif pada TSR rendah hingga sedang, meskipun dengan trade-off terhadap performa pada TSR lebih tinggi. Studi eksperimental pada konfigurasi 4 sudu sering menunjukkan peningkatan Cp pada TSR rendah namun potensi penurunan Cp puncak pada TSR tinggi, karena peningkatan soliditas menyebabkan wake interaction lebih besar. Secara umum, pemilihan jumlah sudu dan sudut sudu perlu disesuaikan dengan tujuan desain (start-up, Cp puncak, atau operasi pada TSR spesifik) serta boundary conditions yang konsisten untuk perbandingan yang adil.

ABSTRACT

The dwindling availability of fossil energy resources and the increasing environmental awareness have accelerated the pursuit of alternative, environmentally friendly electricity generation. Wind energy, harnessed through Vertical Axis Wind Turbines (VAWT) like the Darrieus type, represents a promising alternative. The Darrieus turbine is known for its high efficiency and its capacity to generate significant torque at high rotation and wind speeds. This study aims to investigate the aerodynamic performance of a Darrieus turbine utilizing the asymmetrical NACA 0018 airfoil profile by varying its blade geometry. An experimental method was employed using a modeled prototype of the Darrieus wind turbine. Testing involved varying the number of blades (2, 3, 4, and 5) and the blade angle (-10°, -5°, 0°, 5°, and 10°) to determine the power coefficient (Cp). The wind source was supplied by a fan blower directed through a wind tunnel. The results indicate that increasing both the number of blades and the blade angle generally improves the turbine's performance. The peak performance was achieved with the configuration of 4 blades at a 5° blade angle, yielding a maximum Power Coefficient (Cp) of 0.0958.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license



Corresponding Author:

Jihan Zeinyuta Rosafira
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam
Batam, Indonesia
Email: jihan@polibatam.ac.id

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebutuhan energi meningkat seiring pertumbuhan populasi dan industri, sehingga pemanfaatan energi terbarukan, khususnya angin, menjadi pilihan utama untuk menekan emisi GRK dan meningkatkan ketahanan pasokan energi [1][2]. VAWT, terutama tipe Darrieus, menonjol karena kemampuannya menangkap angin dari berbagai arah serta kebutuhan perawatan yang relatif rendah, sehingga relevan untuk konteks pemanfaatan di lingkungan lokal yang berangin rendah hingga sedang [3][4].

Soliddi rotor, yang ditentukan oleh jumlah sudu dan chord, secara umum meningkatkan C_p pada TSR rendah melalui peningkatan area serangan per putaran, serta meningkatkan starting torque. Namun, pada TSR menengah hingga tinggi, peningkatan jumlah sudu dapat menambah drag dan interaksi wake antara sudu-sudu, sehingga C_p puncak bisa menurun dan terjadi trade-off antara starting torque dan C_p puncak [5][6].

Sudut sudu mempengaruhi distribusi lift dan drag sepanjang azimuth. Umumnya, sudut sudu negatif kecil dapat meningkatkan C_p pada bagian upwind karena peningkatan lift efektif, sedangkan di bagian downwind justru dapat menurunkan torsi jika lift menjadi negatif atau stall terjadi di bagian tertentu dari putaran [7][8].

Hasil berbagai studi menunjukkan adanya variasi rekomendasi mengenai jumlah sudu optimum. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tiga sudu lebih efisien untuk starting dan menghasilkan C_p yang stabil pada TSR tertentu, sementara studi lain justru menunjukkan bahwa empat atau lima sudu lebih menguntungkan untuk starting torque di TSR rendah meskipun harus menanggung konsekuensi penurunan C_p pada TSR yang lebih tinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa hasil antar studi sangat dipengaruhi oleh kondisi eksperimen, bilangan Reynolds, dan bentuk turbin yang digunakan, sehingga diperlukan kehati-hatian dalam membandingkan hasil-hasil tersebut [9].

Secara lebih spesifik, Afrizal (2024) menyimpulkan karakteristik turbin Darrieus dengan profil NACA 0018 tetapi hanya terbatas pada konfigurasi 3 sudu saja [10]. Demikian pula Agung Sedayu (2019) menganalisis profil yang berbeda, yakni NACA 4418, dengan variasi sudut pengarah [11]. Penelitian tentang pengaruh jumlah sudu juga pernah dilakukan pada Turbin Poros Horizontal, meskipun karakteristik aerodinamiknya berbeda dengan turbin poros vertikal [12][13].

Secara umum, jumlah sudu mempengaruhi C_p terutama melalui soliditas rotor; peningkatan jumlah sudu memang meningkatkan starting torque dan C_p pada TSR rendah, tetapi berpotensi menurunkan C_p puncak pada TSR menengah hingga tinggi karena meningkatnya hambatan dan interaksi wake antar sudu [14][15]. Demikian pula dengan sudut sudu, perubahan geometri ini mempengaruhi distribusi gaya angkat dan hambatan sepanjang putaran, yang pada akhirnya menentukan performa keseluruhan turbin [16].

Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah memberikan kontribusi penting, sebagian besar masih berfokus pada variasi tunggal, baik jumlah sudu maupun sudut sudu, atau menguji profil yang berbeda-beda. Padahal, performa aerodinamika Turbin Darrieus yang diukur melalui Koefisien Daya (C_p) merupakan hasil interaksi yang cukup kompleks antara jumlah sudu (N) dan sudut sudu (Θ), sehingga sulit untuk memahami perilaku keseluruhannya hanya dari efek parsial masing-masing variabel [17][18][19].

Penelitian ini mencoba menawarkan perspektif yang agak berbeda dari studi-studi sejenis yang sudah ada. Selama ini, sebagian besar literatur masih cenderung menguji pengaruh jumlah sudu dan

sudut sudu secara terpisah, bahkan tidak jarang menggunakan profil airfoil yang berbeda-beda, sehingga sulit untuk melihat bagaimana interaksi kedua parameter tersebut benar-benar bekerja dalam satu sistem yang utuh. Padahal, karakteristik performa turbin Darrieus tidak bisa hanya dilihat dari efek penjumlahan masing-masing variabel, melainkan dari hubungan timbal balik dan kompromi di antara keduanya. Di sinilah penelitian ini berusaha mengisi kekosongan tersebut, dengan merancang pengujian eksperimental yang memvariasikan dan mengombinasikan jumlah sudu (2, 3, 4, dan 5) serta sudut sudu (-10° , -5° , 0° , 5° , dan 10°) secara bersamaan pada profil NACA 0018. Hasil yang diperoleh diharapkan tidak hanya melengkapi celah penelitian yang ada, tetapi juga menyajikan peta performa yang lebih jelas dan aplikatif sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan konfigurasi turbin Darrieus yang paling sesuai untuk kebutuhan di lapangan.

Berdasarkan latar belakang dan analisis kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komparatif performa aerodinamika Turbin Darrieus Poros Vertikal berdasarkan variasi jumlah dan sudut sudu profil NACA 0018. Secara khusus, penelitian ini ingin mengidentifikasi pengaruh variasi jumlah sudu (2, 3, 4, dan 5) dan sudut sudu (-10° , -5° , 0° , 5° , dan 10°) terhadap nilai Koefisien Daya (C_p) turbin, serta menentukan konfigurasi optimum yang memberikan kinerja aerodinamika tertinggi.

2. METODE

Metode studi yang digunakan adalah eksperimental, di mana sebuah prototipe urbin Angin Poros Vertikal (VAWT) tipe darrieus dengan profil sudu NACA 0018 dirancang dan dibuat. pengujian dilakukan di dalam terowongan angin yang sumber udaranya berasal dari fan blower untuk mensimulasikan aliran angin. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian ekperimental teraplikasi dimana hasil penelitian ini bisa digunakan untuk pengembangan manufaktur turbin angin vertikal, bukan hanya menambah pengetahuan teoretis murni.

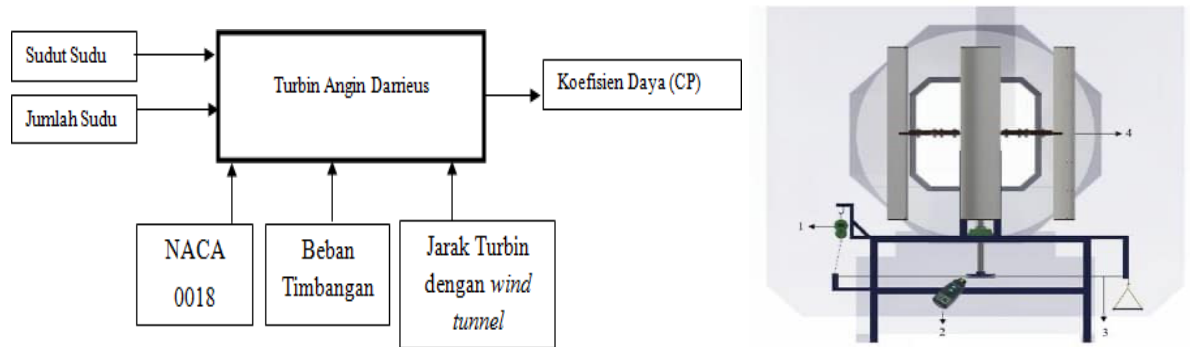
2.1. Variabel

1. Variabel bebas merupakan variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - a. Jumlah sudu: 2, 3, 4, dan 5
 - b. Sudut sudu: 10° , 5° , 0° , -5° dan -10°
2. Variabel terkontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga agar tetap konstan selama penelitian. Variabel terkontrol yang digunakan adalah:
 - a. Jenis sudu : NACA 0018
 - b. Kecepatan Angin : 5,5 m/s
 - c. Beban Timbangan : 50 gram
 - d. Jarak wind tunnel dengan turbin angin : 1 meter

3. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dari penelitian ini adalah Koefisien Power (C_p).

2.2. Kerangka Konsep Penelitian



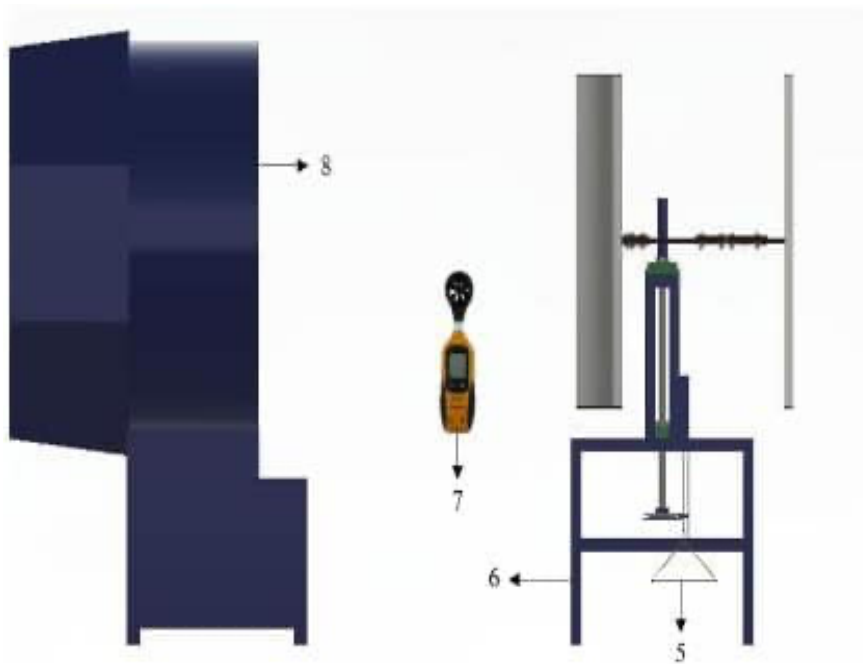
Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

2.3. Alat dan Bahan

1. Anemometer
2. Tachometer
3. Dinamometer
4. Beban Timbangan
5. Gerinda Tangan
6. Bor Tangan
7. Las SMAW 450 Watt
8. Kunci pas set
9. Pipa Alumunium
10. Plat Alumunium
11. Kayu Lapis (Triplek)
12. Lem G
13. Akrilik
14. Pipa Besi
15. Besi hollow
16. Pillow Block
17. Roda Trolley
18. Tali Nylon
19. Pulley

2.4. Experiment Set Up

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan pada penelitian ini, perlu dilakukannya beberapa persiapan dan penataan peralatan penelitian. Jarak fan yang digunakan pada rotor turbin angin adalah 1 m. Pada sisi kiri digantung timbangan pegas digital dan dihubungkan menggunakan tali nylon berdiameter 1 mm yang dililitkan ke pulley yang berdiameter 150 mm. Pulley tersebut terhubung dengan poros rotor turbin angin darrieus dengan beban yang di berada di sisi kanan terhubung dengan tali tersebut. Sehingga tali nylon berfungsi sebagai break sehingga dapat mengetahui gaya yang dihasilkan oleh rotor turbin angin seperti gambar berikut.

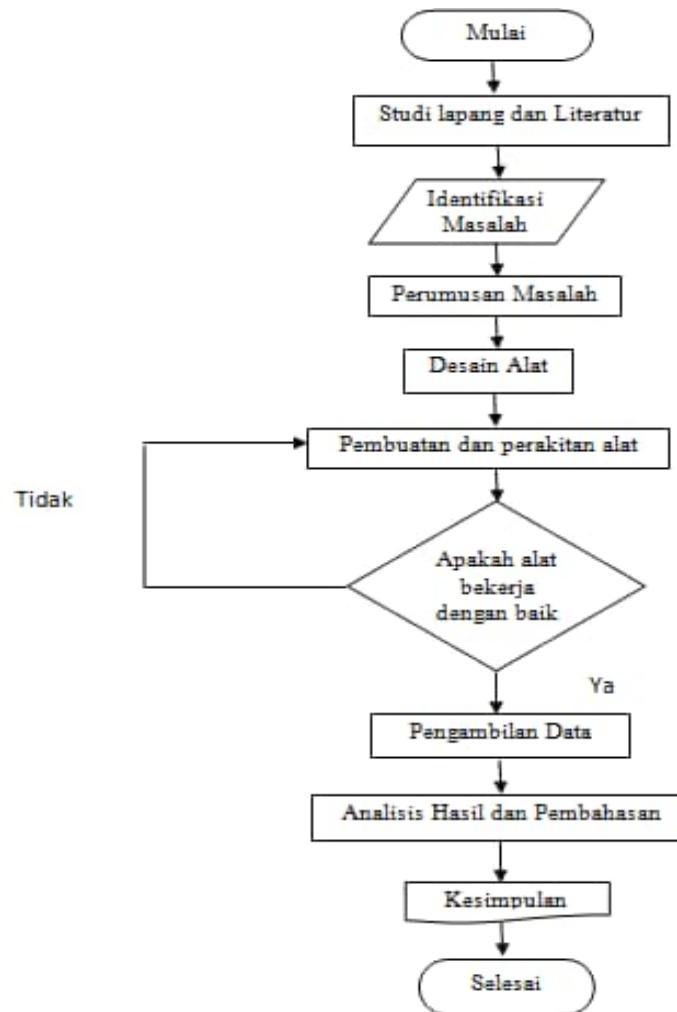


Gambar 2. *Experiment Set Up*

Keterangan:

1. Neraca pegas digital (dinamometer)
2. Tachometer
3. Tali nylon
4. Rotor turbin
5. Beban
6. Rangka turbin angin
7. Anemometer
8. Fan

2.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Flowchart Penelitian

2.6. Pengolahan Data dan Analisa Data

Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan Microsoft Excel 2019.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dibahas hasil dari pengaruh jumlah sudu dan sudut sudu terhadap karakteristik performa turbin angin darrieus poros vertikal profil NACA 0018 yang telah didapatkan pada saat penelitian, dan pada bab ini juga akan dibahas hasil analisis data pada masing-masing pengaruh yang dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh dari variabel bebas yang terlibat dengan menggunakan software Microsoft Excel 19.

Performa turbin angin darrieus dapat dilihat dari koefisien daya yang di dapatkan dari:

$$C_{power} = \frac{Power\ Turbin}{Power\ Wind} \quad (1)$$

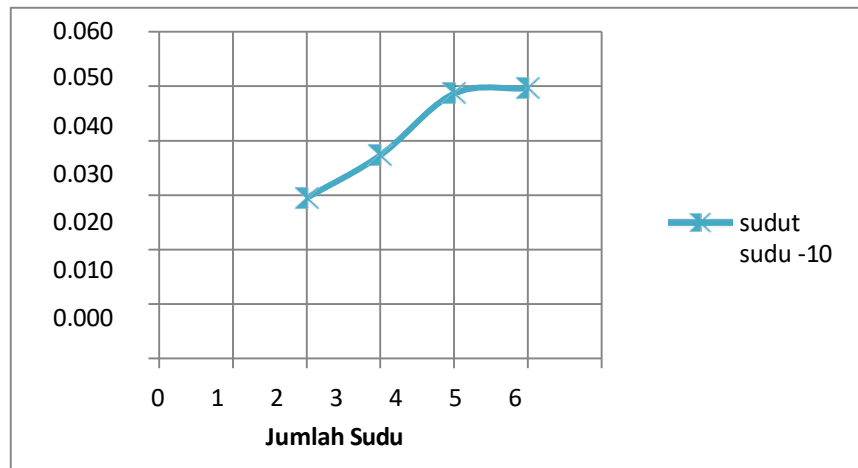
Dimana:

Cp = Koefisien daya

Pt = Power Turbine

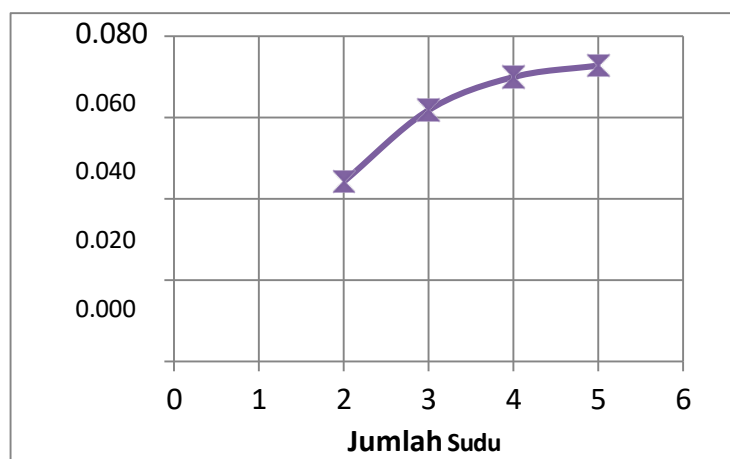
Pw = Power Win

Koefisien daya merupakan perbandingan daya yang dihasilkan oleh kincir angin (P_t) dengan daya yang dihasilkan oleh angin (P_w). Jika dilihat pada hasil penelitian sebelumnya (Aryanto et al, 2013) semakin sedikit jumlah sudu yang digunakan maka distribusi energi angin yang diterima oleh sudu turbin angin tidak maksimal karena banyak losses yang terjadi diantara sudu tersebut. Sedangkan pada jumlah sudu lebih dari 5 semakin merugikan akibat pengurangan kecepatan angin setelah melewati sudu sehingga terjadi pengurangan kecepatan menjadi beban.



Gambar 4. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudut sudu -10°

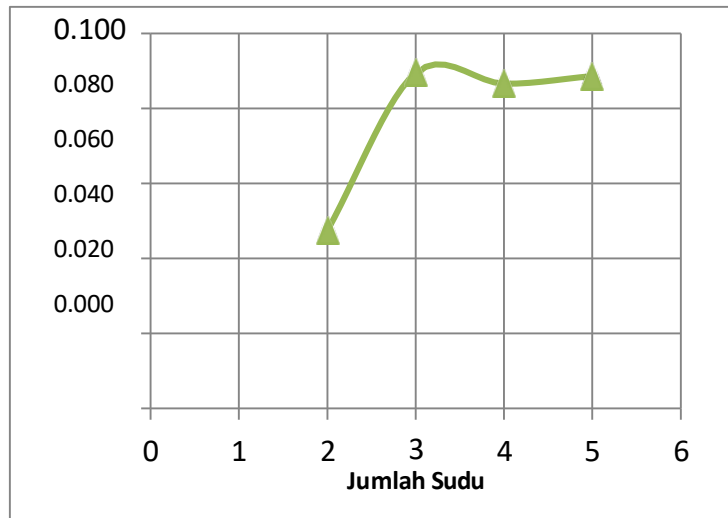
Pada gambar 4, dapat dilihat juga bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu, kemudian mengalami penurunan nilai performa. Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin menghasilkan nilai performa paling optimal. Peningkatan performa turbin terjadi ketika jumlah sudu 2 sampai penambahan jumlah sudu 4 dan performa turun ketika jumlah sudu bertambah menjadi 5 namun penurunan yang terjadi pada penelitian ini tidak terlalu signifikan. Koefisien daya pada turbin angin darrieus poros vertikal sudut sudu -10° mencapai nilai optimal yaitu 0,04961 pada jumlah sudu 5 dan nilai performa terendah pada sudut sudu -10° ada di jumlah sudu 2 dengan nilai performa 0,0294.



Gambar 5. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudut sudu -5°

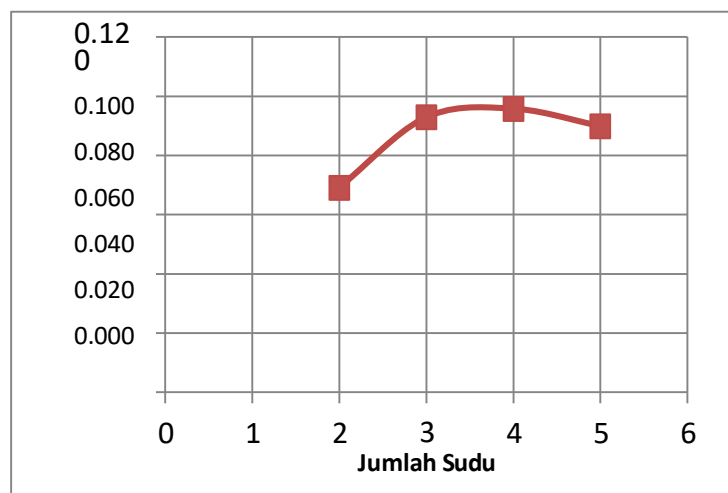
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu. Hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut menghasilkan nilai performa yang paling optimal. Peningkatan performa terjadi ketika jumlah sudu 2 hingga turbin angin penambahan menjadi jumlah sudu 5. Koefisien daya pada turbin angin darrieus sudut sudu -5° mencapai nilai optimal yaitu 0,072802321

pada jumlah sudu 5 dan nilai terendah pada sudut -5° ada di jumlah sudu 2 dengan nilai performa 0,044204713.



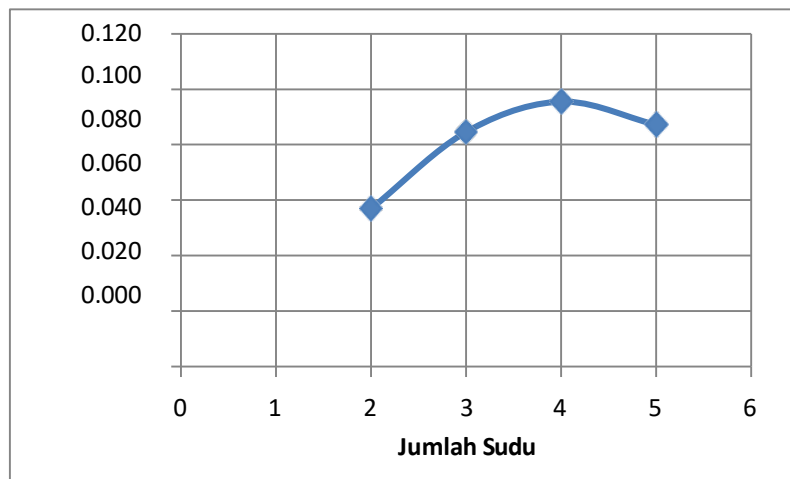
Gambar 6. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudut sudu 0°

Pada gambar 6, dapat dilihat juga bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu, kemudian mengalami penurunan nilai performa. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin menghasilkan nilai performa paling optimal. Peningkatan performa turbin terjadi ketika jumlah sudu 2 sampai penambahan jumlah sudu 3 dan performa turun ketika jumlah sudu bertambah menjadi 4 kemudian nilai performa naik kembali pada jumlah sudu 5 namun penurunan yang terjadi pada penelitian ini tidak terlalu signifikan. Koefisien daya turbin angin darrieus dengan sudut sudu 0° mencapai nilai optimal yaitu 0,0894 pada jumlah sudu 3 dan nilai performa terendah pada sudut sudu 0° ada di jumlah sudu 2 dengan nilai performa 0,0473.



Gambar 7 Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudut sudu 5°

Pada gambar 7, dapat dilihat juga bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu, kemudian mengalami penurunan nilai performa. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin menghasilkan nilai performa paling optimal. Nilai optimal pada turbin angin darrieus sudut sudu 5° mencapai nilai optimal yaitu 0,095804960 pada jumlah sudu 4 dan nilai performa terendah pada sudut sudu 5° ada di jumlah sudu 2 dengan nilai performa 0,069138417.

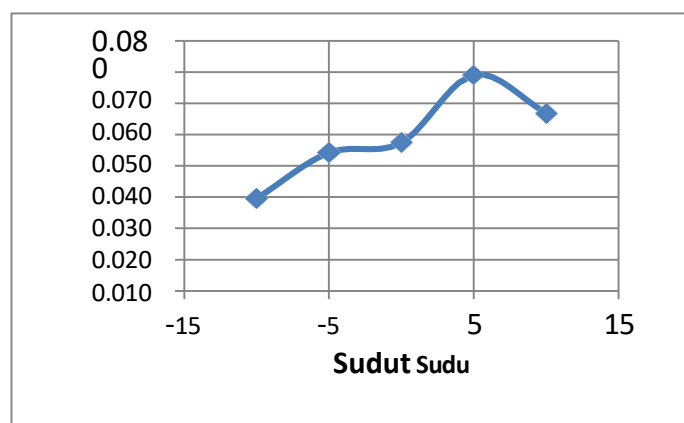


Gambar 8 .Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (Cp) pada jumlah sudut sudu 10°

Pada gambar 8, dapat dilihat juga bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu, kemudian mengalami penurunan nilai performa. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin menghasilkan nilai performa paling optimal. koefisien daya turbin angin darrieus sudut sudu 10° mencapai nilai optimal yaitu 0,0955 pada jumlah sudu 4 dan nilai terendah pada sudut sudu 10° ada di jumlah sudu 2 dengan nilai performa 0,0569.

Dapat diartikan pada penelitian ini semakin bertambah jumlah sudu 2, 3 dan 4 pada turbin angin darrieus poros vertikal, maka nilai koefisien daya pun akan semakin meningkat. Akan tetapi pada nilai koefisien daya ini akan meningkat hingga jumlah sudu tertentu. Hingga akhirnya nilai koefisien daya menurun pada jumlah sudu dengan jumlah yang banyak yaitu pada jumlah sudu 5 mengalami penurunan nilai performa turbin angin darrieus.

Pada variasi jumlah sudu 2, 3, 4, dan 5 turbin angin darrieus dengan sudut sudu 5° jumlah sudu 4 memiliki nilai koefisien daya yang lebih yaitu optimal 0,0958 dari pada nilai performa turbin angin sudu sudu -10°, -5°, 0°, dan 10°. Hal tersebut Dimaranan dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin bekerja secara optimal dan pada performa koefisien power disebabkan karena dapat dipengaruhi oleh jumlah sudu, sudut sudu, kecepatan angin yang membuat daya rotor semakin meningkat sehingga semakin meningkat daya rotor maka nilai Cp akan semakin meningkat pula.



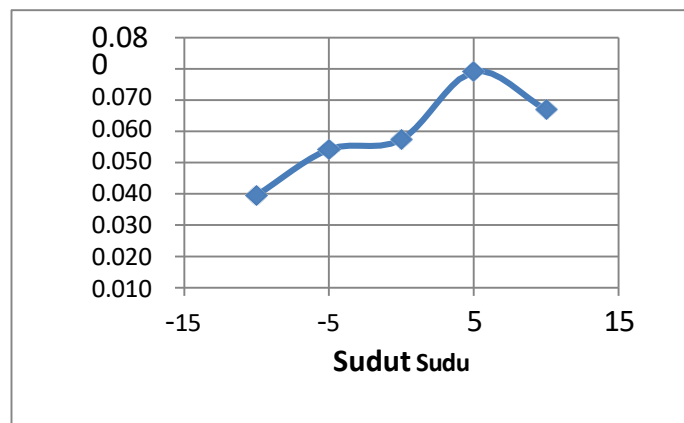
Gambar 9. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (Cp) pada jumlah sudu 2

Menurut penelitian sebelumnya (Afrizal, 2012) semakin besar variasi sudut sudu maka performa yang dihasilkan semakin kecil tapi pada sudut sudu tertentu akan terjadi kenaikan performa. (Agung Sedayu, 2019) juga mendapat kesimpulan yang sama dari penelitiannya yang menjelaskan semakin

besar sudut sudu maka semakin kecil performanya dan pada sudut sudu tertentu akan terjadi kenaikan pada nilai performa. Pada penelitian ini menggunakan variasi sudut sudu negatif dan positif. Jarak interfal yang digunakan dari perubahan sudut sudu yaitu 5° . Jadi variasi yang digunakan dalam pannelitian ini yaitu sudut sudu sudu -10° , -5° , 0° 5° , 10° .

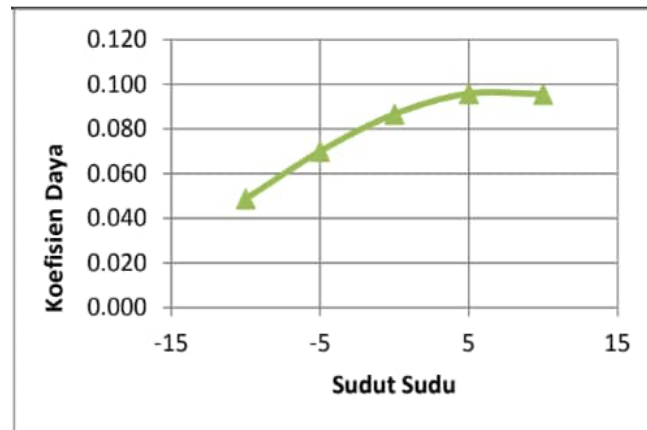
Dari gambar 9 pada setting jumlah sudu 2 dapat dilihat bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu dan kemudian juga mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin bekerja secara optimal dan pada performa koefisien power disebabkan karena jumlah sudu, sudut sudu, kecepatan angin yang membuat daya rotor semakin meningkat sehingga semakin meningkat daya rotor maka nilai C_p akan semakin meningkat. Nilai koefisien daya (C_p) optimal yang dihasilkan dari variasi sudut sudu pada jumlah sudu 2 yaitu 0,0691 pada sudut sudu 5° dan nilai performa terendah dari jumlah sudu 2 terdapat pada sudut sudu -10° dengan nilai performa 0,0294 .

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara koefisien daya dan sudut sudu pada turbin angin darrieus berjumlah 2 dijelaskan bahwa grafik mengalami peningkatan ketika jumlah sudu bertambah. Pada setting sudut sudu 5° ketika jumlah sudu 2 mengalami peningkatan yang signifikan akan tetapi pada setting sudut sudu 10° nilai performa mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin bekerja secara optimal dan pada performa koefisien power disebabkan karena jumlah sudu, sudut sudu, kecepatan angin yang membuat daya rotor semakin meningkat sehingga semakin meningkat daya rotor maka nilai C_p akan semakin meningkat.



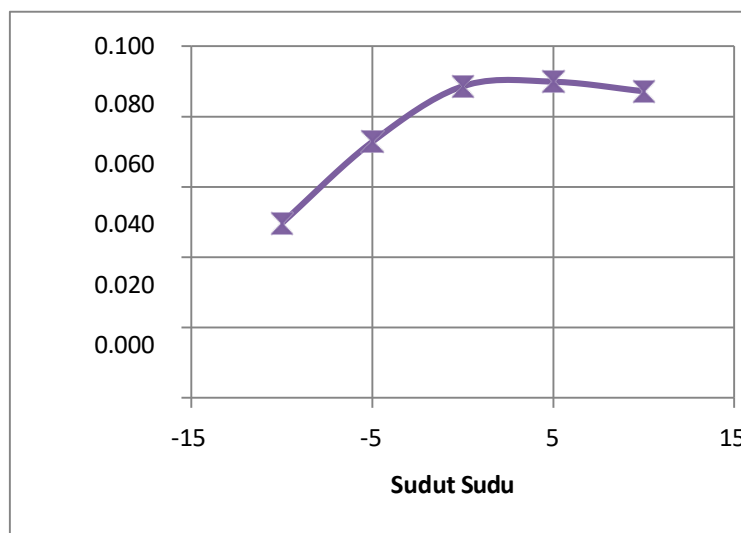
Gambar 10. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudu 3

Pada gambar 10, dapat dilihat dari hubungan sudut sudu terhadap koefisien daya (C_p) grafik mengalami penurunan saat sudut sudu bertambah. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin pada penelitian ini bekerja secara optimal dan menghasilkan performa paling optimal kemudian performa kembali mengalami penurunan. Nilai koefisien daya (C_p) tertinggi yang dihasilkan dari variasi sudut sudu pada setting jumlah sudu 3 sebesar 0,0929 pada sudut sudu 5° dan nilai performa terendah terdapat pada sudut sudu -10° dengan nilai 0,0373.



Gambar 11. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudu 4

Dari grafik hubungan Gambar 11 variasi sudut sudu terhadap performa koefisien daya (C_p) pada setting jumlah sudu 4 dapat dilihat bahwa grafik mengalami peningkatan hingga titik tertentu pada penelitian ini performa tidak mengalami penurunan pada variasi variabel bebas yang digunakan. Koefisien daya turbin angin darrieus 4 sudu mencapai nilai optimal yaitu 0,09580496 dan nilai terendah terdapat pada sudut sudu -10° dengan nilai performa 0,0486.



Gambar 12. Grafik Pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya (C_p) pada jumlah sudu 5

Dari Gambar 12 pada setting jumlah sudu 5 dapat dilihat hasil performa mengalami peningkatan hingga titik tertentu. Kemudian mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin menghasilkan nilai performa paling optimal. koefisien daya pada turbin angin darrieus poros vertikal jumlah sudu 5 mencapai nilai optimal yaitu 0,0899 pada sudut sudu 5° dan nilai performa terendah terdapat pada sudut sudu -10° dengan nilai performa 0,0496.

Dapat diartikan bahwa semakin bertambah sudu sudu pada turbin angin darrieus poros vertikal, maka nilai koefisien daya pun akan semakin meningkat. Akan tetapi pada nilai koefisien daya ini akan meningkat hingga jumlah sudu sudu tertentu. Hingga akhirnya nilai koefisien daya menurun pada sudut sudu dengan nilai yang besar yaitu pada sudut sudu 10° .

Pada variasi sudut sudu -10° , -5° , 0° , 5° , 10° turbin angin darrieus jumlah sudu 4 pada setting sudut sudu 5° memiliki nilai koefisien daya yang lebih tinggi dari pada turbin angin jumlah sudu 2, 3, dan 5. Hal tersebut dikarenakan dikarenakan pada kondisi tertentu turbin angin bekerja secara optimal dan pada performa koefisien power disebabkan karena jumlah sudu, sudut sudu, kecepatan angin yang

digunakan sehingga membuat daya rotor semakin meningkat sehingga semakin meningkat daya rotor maka nilai C_p akan semakin meningkat.

4. KESIMPULAN

Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk menginvestigasi secara komparatif performa aerodinamika Turbin Angin Darrieus Poros Vertikal (VAWT) dengan profil NACA 0018 melalui variasi jumlah sudu (N) yaitu 2, 3, 4, dan 5, serta variasi sudut sudu (Θ) yaitu -10° , -5° , 0° , 5° , dan 10° pada kecepatan angin konstan 5,5 m/s. Hasil analisis menunjukkan bahwa baik variasi jumlah sudu maupun variasi sudut sudu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat, yaitu Koefisien Daya (C_p) turbin. Peningkatan performa (C_p) terjadi karena meningkatnya lift force (FL) yang dihasilkan oleh sudu, yang kemudian meningkatkan daya rotor.

Secara spesifik, temuan utama penelitian ini adalah bahwa terdapat korelasi positif antara jumlah sudu dan performa turbin, di mana peningkatan jumlah sudu mengakibatkan peningkatan Koefisien Daya (C_p) karena bertambahnya area efektif sudu yang bersinggungan dengan aliran angin, sehingga meningkatkan gaya angkat (lift force). Demikian pula, peningkatan sudut sudu dari nilai terkecil yang diuji hingga batas tertentu menghasilkan peningkatan Koefisien Daya (C_p) karena perubahan geometri sudu secara efektif menghasilkan gaya angkat yang lebih besar, yang berarti peningkatan daya rotor. Performa aerodinamika tertinggi dari Turbin Darrieus profil NACA 0018 yang diuji dalam studi ini dicapai pada konfigurasi 4 sudu dengan sudut sudu 5° , yang menghasilkan Koefisien Daya (C_p) maksimum sebesar 0,0958 pada kecepatan angin nominal 5,5 m/s. Konfigurasi ini menunjukkan superioritas performa kombinasi geometri tersebut dibandingkan konfigurasi lain yang diuji, sehingga dapat dijadikan acuan dalam optimasi desain turbin Darrieus tipe-H untuk aplikasi pada kondisi angin rendah hingga sedang.

REFERENSI

- [1] Sibagariang, Y. P., Hamdani, W., Kishinami, K., & Ambarita, H. (2021). Effect number of blades on the performance of h-Darrieus wind turbine with NACA 0018 air foil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1122(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1122/1/012078>
- [2] Balduzzi, F., Bianchini, A., Maleci, R., Ferrara, G., & Ferrari, L. (2021). Numerical study of the effect of turbulence intensity on VAWT performance. *Energy*, 233, 121139. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121139>
- [3] Saad, A. S., & Ahmed, M. (2024). Impact of number of blades and solidity on the performance of a Darrieus vertical axis wind turbine with helical blades. *Proceedings of the ASME 2023 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, V007T08A069. <https://doi.org/10.1115/IMECE2023-113651>
- [4] Rezaeiha, A., Montazeri, H., & Blocken, B. (2020). A framework for preliminary large-scale urban wind energy potential assessment: Roof-mounted wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 214, 112770. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112770>
- [5] Ghiasi, P., Ghasemi, M., & Najafian, M. (2023). CFD-Study of the H-Rotor Darrieus wind turbine with NACA0018 airfoil. *Alexandria Engineering Journal*, 72, 543-558. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.03.012>
- [6] Pouransari, Z., et al. (2024). Numerical investigation of the aerodynamic performance of helical Darrieus wind turbine. *Renewable Energy*, 226, 120421. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120421>
- [7] Davari, H. S., et al. (2024). Numerical and experimental investigation of Darrieus vertical axis wind turbine. *Energy Conversion and Management*, 305, 118256. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118256>
- [8] Abdelwahab, M., et al. (2025). Performance prediction and enhancement of Darrieus vertical axis wind turbines. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 73, 103876. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2025.103876>

- [9] Rezaeiha, A., Montazeri, H., & Blocken, B. (2021). Comparative NACA 0018 Darrieus performance at various blade numbers. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 215, 104698. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104698>
- [10] Afrizal, D. (2024). Impact of blade and solidity on the performance of H-Darrieus with NACA 0018. *Journal of Wind Engineering*, 12(1), 45-58.
- [11] Agung Sedayu, D. (2019). Analisa penggunaan NACA 4418 pada sudu turbin angin vertikal sumbu dengan variasi sudut pengarah 0°, 35°, 65°, dan 95°. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 112-120.
- [12] Ahmed, Y. A. (2022). Performance analysis of H-Darrieus wind turbine with NACA 0018 and S1046 blades. *Universiti Teknologi Malaysia Institutional Repository*.
- [13] Benbouda, S., et al. (2025). Modal dynamic response of a Darrieus wind turbine rotor with NACA blades. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(1), 122-129. <https://doi.org/10.48084/etasr.8765>
- [14] Zheng, Z., et al. (2024). Aerodynamic performance and wake development of Darrieus VAWT with serrated Gurney flap on NACA 0018. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1352678. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1352678>
- [15] Korten, V. K. (2020). Numerical study of Darrieus wind turbine blade with NACA 0018 modifications. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 9(8), 1088-1096. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.4.567-573>
- [16] Arabgolarcheh, A., et al. (2024). Performance enhancement of H-type Darrieus VAWT using a hybrid method of blade pitch angle regulation. *Energies*, 17(16), 4044. <https://doi.org/10.3390/en17164044>
- [17] Tirandaz, M. R., et al. (2021). Effect of airfoil shape on power performance of vertical axis wind turbine. *Renewable Energy*, 173, 422-441. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.076>
- [18] Hashem, I., & Mohamed, M. H. (2021). Aerodynamic performance enhancements of H-rotor Darrieus wind turbine. *Energy*, 142, 531-545. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.066>
- [19] Islam, M., Fartaj, A., & Carriveau, R. (2022). Analysis of the design parameters related to a fixed-pitch straight-bladed vertical axis wind turbine. *Wind Engineering*, 46(3), 789-805. <https://doi.org/10.1177/0309524X211052189>