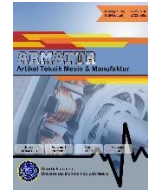
Contents list available at [Sinta](https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Analisis Simulasi Sudut Sudu Tipe NACA 4412 dengan Variasi Jumlah Sudu untuk Meningkatkan Efisiensi Turbin Angin Horizontal

Firman Bagus Wicaksono<sup>1</sup>, Nova Risdiyanto Ismail<sup>2</sup>, Purbo Suwandono<sup>3\*</sup>, Dadang Hermawan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

### ARTICLE INFO

*Keywords:*  
wind turbine  
pipe sudu  
horizontal axis  
Qsudu  
CFD

### ABSTRACT

Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 978 MW, dengan kecepatan angin rata-rata 3,5 - 7 m/s, namun pemanfaatan energi angin tersebut belum maksimal. Dari potensi yang tersedia sebesar 9,29 GW, baru 0,0006 GW yang dimanfaatkan, dari potensi tersebut energi angin dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik, salah satunya dengan menggunakan turbin angin tipe horizontal. Namun, turbin angin horizontal kurang efisien pada kecepatan angin rendah dapat merusak sudu dan komponen lainnya. Sudu merupakan komponen penting dari turbin angin sehingga sudu selalu dikembangkan. Dari kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada perbandingan efisiensi daya antara turbin angin horisontal 3 sudu dan 4 sudu berbasis Naca 4412 dengan sudut serang 6°, pada variasi kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 7 m/s. Melalui pendekatan simulasi dan analisis pada perangkat lunak Qblad. Hasil penelitian menyatakan bahwa turbin angin 4 sudu standar (lebar sudu sama) menghasilkan torsi terbaik sebesar 104,97 (Nm) pada kecepatan angin 7 (m/s). Sedangkan turbin angin 3 sudu yang dimodifikasi (lebar sudu mengerucut ke atas) menghasilkan nilai daya input terbaik sebesar 59,72 (Watt) dan efisiensi terbaik, yaitu sebesar 23,79% pada kecepatan angin 7 (m/s).

### Pendahuluan

Energi listrik memiliki peran sangat penting dalam pembangunan negara,

terutama bagi negara berkembang seperti Indonesia. Ketersediaan energi menjadi faktor utama dalam mendorong

\*Corresponding author: [purbo@widyagama.ac.id](mailto:purbo@widyagama.ac.id)

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i2.8236>

Received 18 Februari 2025; Received in revised form 08 Agustus 2025; Accepted 29 September 2025

Available online 30 September 2025

pembangunan, seiring dengan pertumbuhan industri, perekonomian, dan sumber daya manusia yang terus meningkat [1]. Sehingga kebutuhan energi listrik di Indonesia juga meningkat [2]. Selain itu pasokan listrik masih belum merata di beberapa daerah terpencil di Indonesia, karena faktor geografis seperti daerah pegunungan dan akses yang sulit sehingga biaya dan risiko pemasangan listrik sangat tinggi [3].

Disisi lain Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 978 MW, dengan kecepatan angin rata – rata sebesar 3,5 – 7 m/s, [4]. Akan tetapi pemanfaatan energi angin masih sangat rendah. Dari potensi sebesar 9,29 GW yang tersedia, hanya 0,0006 GW yang digunakan [5], menunjukkan bahwa pemanfaatan energi angin belum diimplementasikan dengan baik. Dari kondisi tersebut potensi energi angin dapat menjadi salah satu potensi untuk meminimalisir kekurangan energi listrik skala menengah, dengan menggunakan wind turbin [6].

Berbagai macam model wind turbin telah dikembangkan, seperti model vertikal, dan Horizontal. masing – masing model tentunya memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri [7]. Wind turbin poros horizontal dua bilah multifat dan perlakuan sisi keluar pada kecepatan angin 9 m/s dan sudut sudu  $40^\circ$  menghasilkan efisiensi sebesar 11,74% [5]. Menurut [8] wind turbin horizontal 5 bilah, variasi sudut pitch  $30^\circ$ . Menghasilkan Daya rata - rata sebesar 23,775 Watt, pada kecepatan angin 5 m/s. Selain itu hasil simulasi aerodinamika airfoil NACA 2410 dengan flap dan slat menghasilkan peningkatan koefisien angkat (lift coefficient) dan mengurangi koefisien hambatan (drag coefficient) [9], [10] menyatakan bahwa wind turbin yang menggunakan airfoil NACA 4412 jenis taperless 3 bilah dengan material kayu jati blanda yang dibagi menjadi 10 segmen menghasilkan daya rata- rata sebesar 25,1 Watt.

[11] Menyatakan bahwa Wind turbin sumbu horizontal menggunakan 3

Sudu dari bahan PVC dengan diameter 182 cm. Menghasilkan efisiensi sebesar 1,98 % pada kecepatan angin 4.0 m/s, dan daya sebesar 3.48 Watt pada kecepatan angin 7.1 m/s. Menurut [12] Wind turbin Horizontal NACA 4412 Variasi Sudut Serang yang mensimulasikan momentum dari setiap elemen pada sudu, menggunakan Simulasi BEM (Sudu Element Momentum) menghasilkan daya maksimum sebesar 484,63 Watt pada sudut serang  $6^\circ$ .

Akan tetapi belum dilakukan penelitian wind turbin horizontal 3 sudu dan 4 sudu dengan variasi sudut serang  $6^\circ$ , Serta simulasi menggunakan software CFD (Computational Fluid Dynamics) untuk mengetahui aliran fluida yang berinteraksi pada turbin, agar memperoleh efisiensi serta efektivitas energi listrik yang baik. Dari penelitian sebelumnya, menggunakan desain wind turbin baling baling pipa sumbu horizontal yang telah dibuat bentuk prototype serta memiliki kekekurangan pada bagian propeller yang belum optimal. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian tentang “Modifikasi Sudu Sudu Tipe Naca 4412 Dengan Variasi Jumlah Sudu – Guna Meningkatkan Efisiensi *Wind Turbin*”

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan simulasi untuk mengamati pergerakan udara secara aerodinamis pada bilah wind turbin dengan perlakuan variasi kecepatan angin (m/s) yang telah ditentukan, serta mengumpulkan data melalui media komputer digital menggunakan software *QSUDU*. Hasil yang diperoleh dari simulasi kemudian dianalisis dan didapatkan sebuah kesimpulan.

Variabel penelitian yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Variabel bebas

Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah: Perlakuan variasi kecepatan angin sebesar (4,5,6,7 m/s), menggunakan sudut serang sebesar  $6^\circ$ ,

menggunakan wind turbin tipe Naca 4412 3 sudu, 4 sudu modifikasi (WT.M) dengan (pengurangan lebar pada ekor sudu), yang dibandingkan dengan wind turbin standard (WT.S) dengan (lebar sudu yang sama) dari masing - masing jumlah sudu.

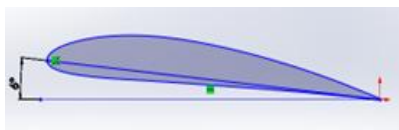
2. Variabel terikat

Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah: Nilai daya output, nilai efisiensi kinerja pada wind turbin, dan hasil pengujian simulasi wind turbin pada software *QSUDU*.

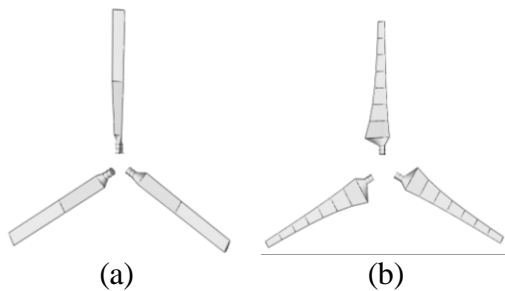
3. Variabel terkontrol

Pada penelitian ini variabel terkontrolnya adalah: Dimensi rotor, dan geometri rotor.

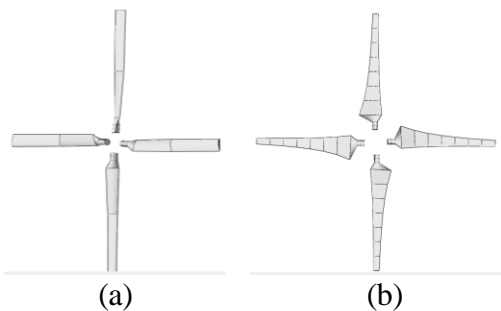
Untuk desain sudut serang wind turbin horizontal sebesar 6° dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan desain wind turbin horizontal 3 sudu (WT.M) dan (WT.S) dapat dilihat pada Gambar 2, serta desain wind turbin horizontal 4 sudu (WT.M) dan (WT.S) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Desain Wind Turbin Sudut Serang 6°



Gambar 2. (a) Naca 4412, 3 Sudu (WT.S), (b) Turbin Naca 4412 3 Sudu (WT.M)

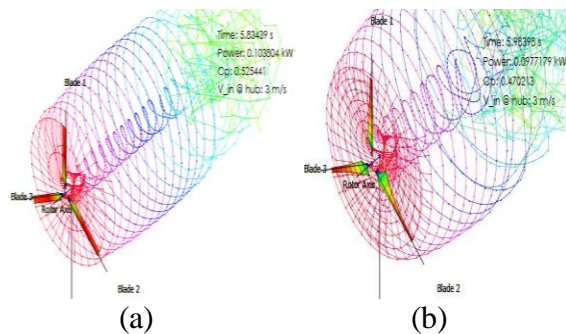


Gambar 3. (a) Turbin Naca 4412, 4 Sudu (WT.S), (b) Turbin Naca 4412, 4 Sudu (WT.M)

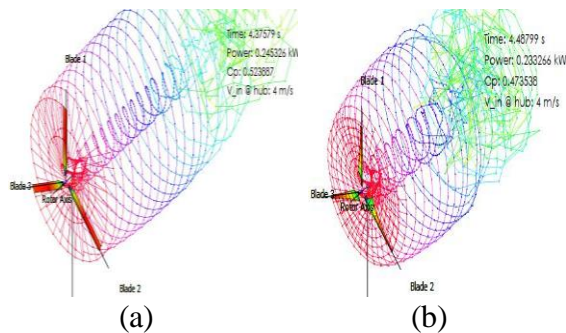
Setelah desain wind turbin telah dibuat dengan bantuan *software CAD*, langkah berikutnya adalah tahap pengujian dan pengambilan data simulasi *wind turbin horizontal* menggunakan *software QSUDU*. Sebelum melakukan pengujian perlu dilakukan memasukkan parameter - parameter yang telah ditentukan untuk mendapatkan hasil yang bisa diinginkan.

Hasil dan Pembahasan

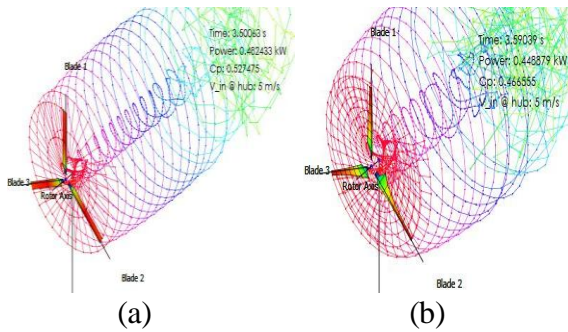
Setelah dilakukan iterasi, dan solusi konvergen simulasi menghasilkan nilai parameter, antara lain: Distribusi nilai daya input dan *Coefisien Daya Wind Turbin Horizontal* 3 sudu yang dapat dilihat pada Gambar 4,5,6,7,8. dibawah.



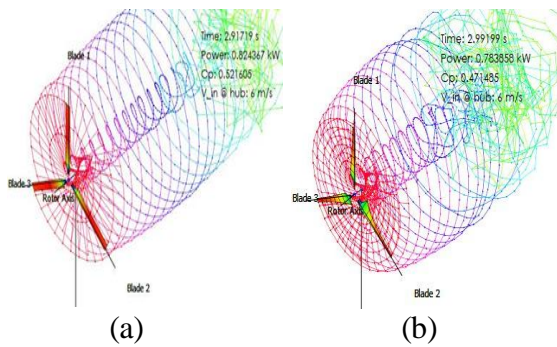
Gambar 4. (a). Wind turbin 3 sudu (WT.S) kecepatan angin 3 m/s, (b). Wind turbin 3 sudu (WT.M) kecepatan angin 3 m/s



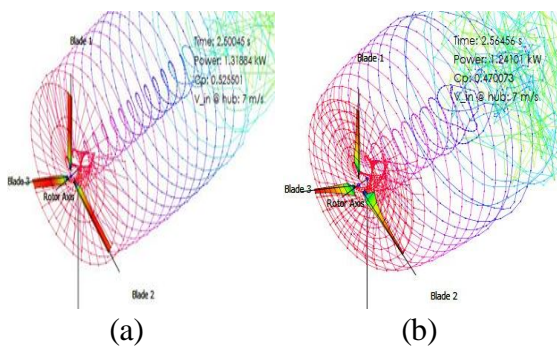
Gambar 5. (a). Wind turbin 3 sudu (WT.S) kecepatan angin 4 m/s, (b). Wind turbin 3 sudu (WT.M) kecepatan angin 4 m/s



Gambar 6. (a). Wind turbin 3 sudu (WT.S) kecepatan angin 5 m/s, (b). Wind turbin 3 sudu (WT.M) kecepatan angin 5 m/s



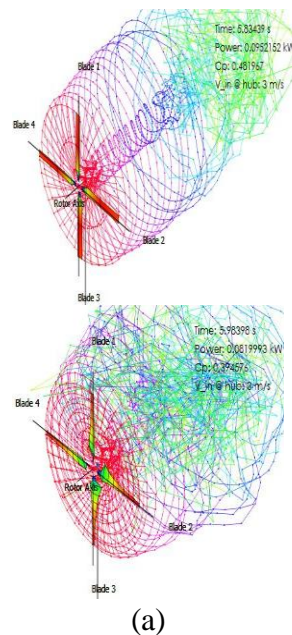
Gambar 7. (a). Wind turbin 3 sudu (WT.S) kecepatan angin 6 m/s, (b). Wind turbin 3 sudu (WT.M) kecepatan angin 6 m/s



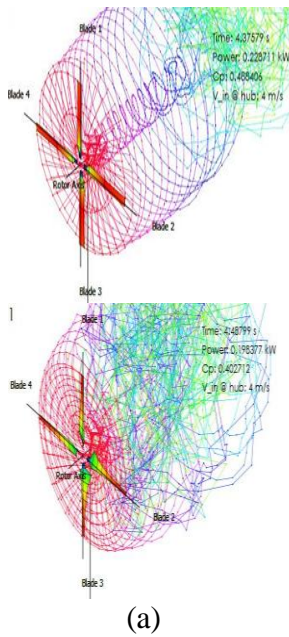
Gambar 8. (a). Wind turbin 3 sudu (WT.S) kecepatan angin 7 m/s, (b). Wind turbin 3 sudu (WT.M) kecepatan angin 7 m/s

Pada gambar 4,5,6,7,8 menunjukkan hasil simulasi putaran (WT.S) dan (WT.M) 3 sudu, pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 7 m/s. Pada (WT.S) 3 sudu membentuk pola pusaran angin yang beraturan, sedangkan (WT.M) 3 sudu membentuk pola pusaran angin yang cenderung turbulensi. Kondisi tersebut terjadi karena pada (WT.M) 3 sudu memiliki lebar sudu yang lebih kecil (mengerucut keatas), sehingga luas penampang rotor (*sudu*) juga relatif kecil,

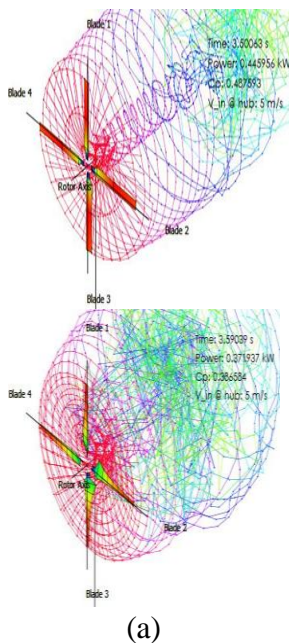
hal tersebut mempengaruhi banyaknya energi angin dan pola pergerakan fluida yang ditangkap oleh wind turbin. Sehingga gaya angin yang diteruskan menuju rotor, dan beban yang diteruskan pada *sudu* (WT.M) 3 sudu relatif lebih kecil. Maka membuat rotor berputar lebih cepat dan membentuk pola aliran fluida yang cenderung turbulen dibandingkan (WT.S) 3 sudu, begitupun sebaliknya. Sedangkan hasil simulasi nilai daya input dan *Coefisien Daya Wind Turbin Horizontal* 4 sudu dapat dilihat pada Gambar 9,10,11,12,13 dibawah.



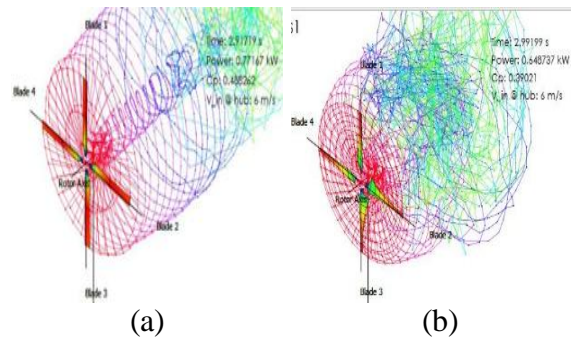
Gambar 9. (a). (WT.S) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s, (b). (WT.M) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s



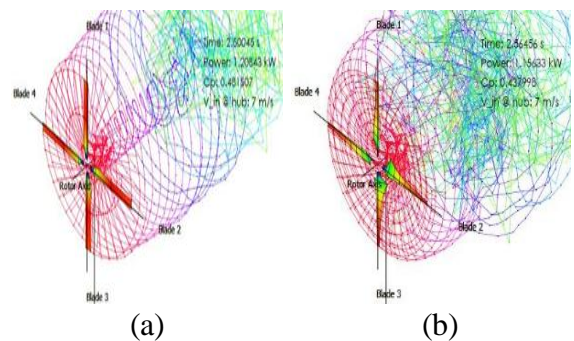
Gambar 10. (a). (WT.S) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s, (b). (WT.M) 4 sudu kecepatan angin 4 m/s



Gambar 11. (a). (WT.S) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s, (b). (WT.M) 4 sudu kecepatan angin 5 m/s



Gambar 12. (a). (WT.S) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s, (b). (WT.M) 4 sudu kecepatan angin 6 m/s

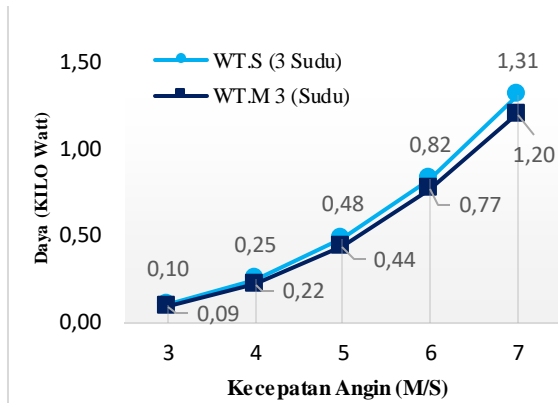


Gambar 13. (a). (WT.S) 4 sudu kecepatan angin 3 m/s, (b). (WT.M) 4 sudu kecepatan angin 7 m/s

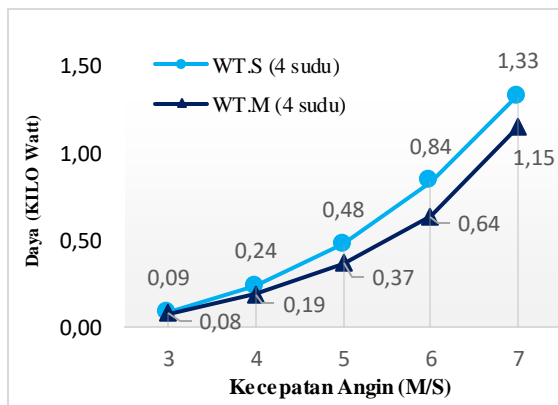
Pada gambar 9,10,11,12,13. menunjukkan hasil simulasi putaran (WT.S) dan (WT.M) 4 sudu, pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, dan 7 m/s. pada (WT.S) 4 sudu membentuk pola pusaran angin yang beraturan, sedangkan pada (WT.M) 4 sudu menghasilkan pola pusaran angin yang cenderung turbulen. Kondisi tersebut disebabkan karena pada (WT.M) 4 sudu memiliki lebar sudu yang lebih kecil (mengerucut keatas). Sehingga luas penampang rotor (*sudu*) juga relatif kecil, hal tersebut mempengaruhi banyaknya energi angin yang ditangkap serta pola pergerakan fluida yang dihasilkan oleh wind turbin. Sehingga gaya angin yang diteruskan menuju rotor, dan beban yang diteruskan pada *sudu* (WT.M) 4 sudu relatif kecil. Maka membuat rotor berputar lebih cepat dan membentuk pola aliran fluida relative trubulen dibandingkan, (WT.S) 4 sudu, begitupun sebaliknya.

Di sisi lain dari tahap simulasi yang telah dilakukan, menghasilkan nilai daya input (Watt), yang ditabulasikan kedalam grafik, variasi (WT.S) dan (WT.M) 3 sudu

dapat dilihat pada Gambar 14. Sedangkan variasi (WT.S) dan (WT.M) 4 sudu dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 14. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap daya input (Watt) WT.M 3 sudu dan WT.S 3 sudu dengan sudut serang 6°

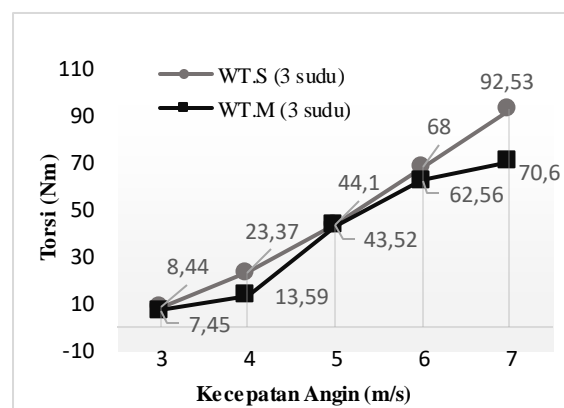


Gambar 15. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap daya input (Watt) WT.M 4 sudu dan WT.S 4 sudu dengan sudut serang 6°

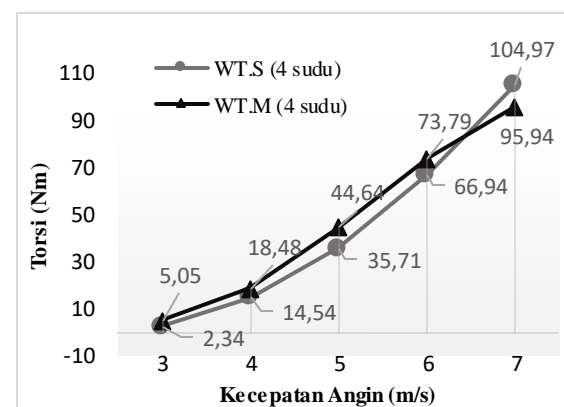
Pada gambar 15, dan 16 terlihat bahwa nilai daya input (WT.S) 3, dan 4 sudu lebih besar dibandingkan dengan (WT.M) 3, dan 4 sudu, kondisi ini disebabkan karena bentuk sudu dengan lebar blade yang konstan dapat menangkap aliran angin yang lebih cepat, Apabila semakin besar luas penampang pada suatu blade, maka semakin besar pula energi kinetic dari kecepatan angin yang ditangkap. Sehingga dapat mengurangi terjadinya *drag force* (gaya hambat) dan meningkatkan *lift force* (gaya angkat) yang dapat memaksimalkan penggunaan energi secara aerodinamis. Disisilain (WT.S) 4 sudu menghasilkan daya input (Kw) lebih besar daripada (WT.M) 3 sudu. Dikarenakan pada (WT.M) 4 memiliki

jumlah blade yang lebih banyak dengan lebar yang konstan. karena pada setiap blade berinteraksi dengan energi kinetic dari kecepatan angin serta menghasilkan suatu daya, maka luas penampang untuk menangkap energi angin relative besar, selain itu pembagian beban dan aliran angin pada WT.S 4 sudu terjadi lebih merata,.

Untuk nilai Torsi (N.m), (WT.S) dan (WT.M) 3 sudu dapat dilihat pada Gambar 17. Sedangkan variasi (WT.S) dan (WT.M) 4 sudu dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 16. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap torsi (Nm) WT.M 3 sudu dan WT.S 3 sudu dengan sudut serang 6°



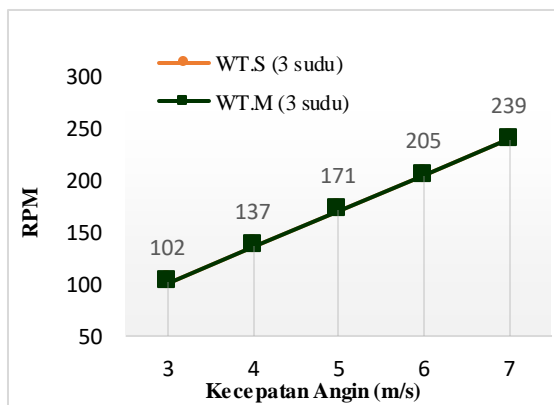
Gambar 17. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap torsi (Nm) WT.M 4 sudu dan WT.S 4 sudu dengan sudut serang 6°

Pada gambar 16 dan 17 terlihat bahwa nilai torsi (Nm) yang dihasilkan (WT.S) 3 dan 4 sudu lebih besar

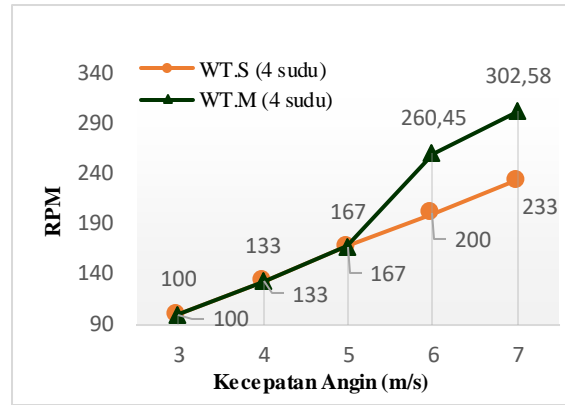
dibandingkan dengan (WT.M) 3 dan 4 sudu. Hal ini terjadi jika semakin lebar luas penampang pada sudu, membuat turbin menangkap lebih banyak energi angin, serta meningkatkan distribusi beban secara merata di sepanjang luasan sudu, sehingga lebih banyak gaya angin diteruskan ke sudu. Sehingga dapat mengurangi beban berlebih pada bagian tertentu untuk menghasilkan torsi yang lebih stabil, dan sebaliknya.

Disisilain pada variasi kecepatan angin 7 m/s torsi (Nm) yang dihasilkan (WT.S) 4 sudu lebih besar daripada (WT.M) 3 sudu, kondisi ini disebabkan karena pada kecepatan angin yang tinggi, pada sudu yang lebih lebar menghasilkan kecepatan tip yang lebih rendah dibandingkan dengan sudu yang lebih kecil, pada kecepatan rotasi yang sama. Kecepatan tip yang lebih rendah mengurangi risiko masalah aerodinamis seperti kebisingan dan ketidakstabilan, serta meningkatkan torsi (Nm).

Untuk nilai rotasi per menit (Rpm), (WT.S) dan (WT.M) 3 sudu dapat dilihat pada Gambar 18. Sedangkan variasi (WT.S) dan (WT.M) 4 sudu dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 18. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap Rotasi per menit (Rpm) WT.M 3 sudu dan WT.S 3 sudu, dengan sudut serang 6°



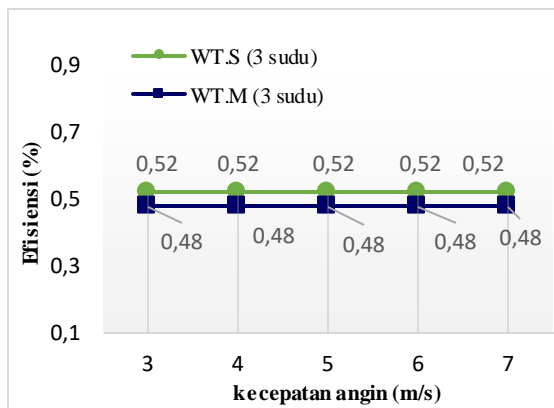
Gambar 19. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap Rotasi per menit (Rpm) WT.M 4 sudu dan WT.S 4 sudu, dengan sudut serang 6°

Pada gambar 18 dan 19 terlihat bahwa nilai Rpm yang dihasilkan (WT.M) 3 sudu dan 4 sudu lebih besar dibandingkan dengan (WT.S) 3 dan 4 sudu. Hal tersebut disebabkan karena pada (WT.M) memiliki desain lebar sudu yang mengerucut keatas. Apabila lebar sudu lebih kecil maka luas penampang rotor juga relatif kecil, dan mempengaruhi banyaknya energi angin yang ditangkap oleh wind turbin. Sehingga gaya angin yang diteruskan menuju rotor pada (WT.M) relatif lebih kecil, sehingga beban yang diteruskan ke sudu juga kecil. Membuat rotor berputar lebih cepat.

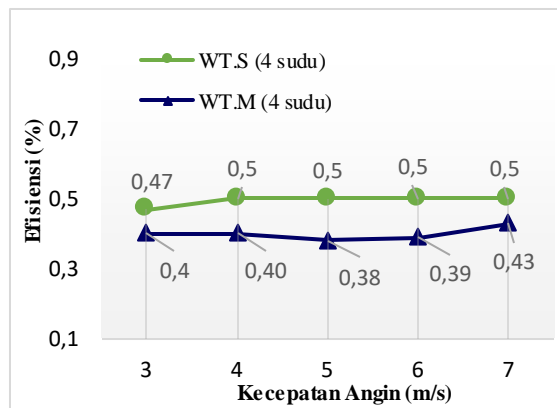
Disisi lain nilai Rpm yang dihasilkan (WT.M) 4 sudu lebih besar dari pada (WT) 3 sudu, kondisi tersebut disebabkan karena faktor distribusi beban, pada wind turbin 4 sudu memiliki beban gaya angin yang terdistribusi pada rotor secara merata sebanyak 4 titik. Yang menyebabkan beban lebih rendah serta memiliki stabilitas yang lebih baik dan menghasilkan vibrasi yang relatif rendah pada kecepatan tinggi pada setiap bilah, sehingga gaya angkat (lift force) yang dihasilkan oleh (WT.M) 4 sudu lebih merata dan memiliki momentum rotasi yang lebih stabil, mengurangi fluktuasi kecepatan rotasi dibandingkan dengan (WT) 3 sudu

Untuk nilai efisiensi (%), (WT.S) dan (WT.M) 3 sudu dapat dilihat pada Gambar 21. Sedangkan variasi (WT.S) dan

(WT.M) 4 sudu dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 20. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap Efisiensi (%) WT.M 3 sudu dan WT.S 3 sudu, dengan sudut serang 6°



Gambar 21. Grafik hubungan kecepatan angin (m/s) terhadap Efisiensi (%) WT.M 4 sudu dan WT.S 4 sudu, dengan sudut serang 6°

Pada gambar 20 dan 21 terlihat bahwa nilai efisiensi daya (WT.S) 3 sudu dan 4 sudu lebih besar dibandingkan dengan (WT.M) 3 sudu dan 4 sudu. Kondisi tersebut disebabkan karena pada WT.S dapat menangkap aliran angin yang lebih cepat, karena memiliki desain sudu yang relative sama dapat mengarahkan aliran angin tersebut dengan lebih baik. Sehingga dapat mengurangi terjadinya *drag force* (gaya hambat) dan meningkatkan *lift force* (gaya angkat) yang dapat memaksimalkan penggunaan energi secara aerodinamis. Disamping itu desain sudu pada (WT.S) dapat meminimalisir terjadinya efek tip loss yang dapat mengurangi masalah aerodinamis seperti

turbulensi dan getaran pada kecepatan rotasi yang sama.

Disisain (WT.S) 3 sudu menghasilkan nilai efisiensi daya lebih besar dibandingkan (WT) dengan variasi yang lainnya, karena pada pada (WT.S) 3 sudu memiliki desain sudu yang dapat meminimalkan drag force dan meningkatkan lift force. Selain itu beban angin yang diteruskan ke setiap sudu cenderung lebih rendah yang memungkinkan setiap sudu menghasilkan torsi yang lebih besar. Sehingga (WT.S) 3 sudu menghasilkan koefisien daya yang lebih tinggi begitupun sebaliknya.

## Kesimpulan

Dari hasil data pengujian simulasi WT 3 sudu dan 4 sudu, dengan sudut serang 6°. Menggunakan *software QBLADE*. Dapat disimpulkan bahwa:

*Wind turbin* (WT.S) variasi 4 sudu menghasilkan nilai daya input paling baik, sebesar 1,33 (Kw) pada kecepatan angin sebesar 7 (m/s). Dan (WT.S) variasi 4 sudu menghasilkan torsi paling baik sebesar 104,97 (Nm) pada kecepatan angin 7 (m/s). Selain itu (WT.S) dengan variasi 3 sudu menghasilkan nilai efisiensi yang paling baik, sebesar 0,52 % pada kecepatan angin sebesar 7 m/s.

## Referensi

Referensi jurnal/artikel/prosiding:

- [1] D. Mulyani and D. Hartono, "Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia," *J. Ekon. Kuantitatif Terap.*, p. 1, 2018,
- [2] R. Ridlo and A. Hakim, "Model Energi Indonesia , Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia : Literatur Review," vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [3] D. Gilang, "Pola Spasial Indeks

- Kesulitan Geografis dan Pengaruhnya Terhadap Pembangunan Kabupaten Gunungkidul,” *Plano Madani*, vol. 11, no. 2, pp. 158–170, 2016.
- [4] N. A. Adistia, dkk, “Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 105, 2020,
- [5] Sahid, D. Hendrawati, dkk., “Turbin Angin Poros Horizontal Tipe Flat Sudu Banyak Dengan Perlakuan Sudut Luaran,” *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, pp. 326–335, 2020,
- [6] D. A. Ernadi and M. Pujiantara, “Desain Maximum Power Point Tracking Untuk Turbin Angin Menggunakan Modified Perturb & Observe (P&O) Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016,
- [7] M. Ghasemian, Z. N. Ashrafi, and A. Sedaghat, “A review on computational fluid dynamic simulation techniques for Darrieus vertical axis wind turbines,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 149, pp. 87–100, 2017,
- [8] I. M. Adi Sayoga, I. K. Wiratama, M. Mara, and A. D. Catur, “PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE TERHADAP AERODINAMIK PERFORMAN PADA RANCANGAN KINCIR ANGIN 300 Watt,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 103–109, 2014,
- [9] S. Sarjito, “Studi Karakteristik Airfoil Naca 2410 Dan Naca 0012 Pada Berbagai Variasi Angle of Attack,” *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, 2017,
- [10] R. Nurhasanah, dkk, “Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Pembangkit Listrik Hybrid One Pole Energy,” *J. Power Plant*, vol. 8, no. 2, pp. 82–89, 2020, [Online].
- [11] F. Firman, J. Tangko, S. Nara, and A. Ardiansyah, “Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Blade Menggunakan PVC,” *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 21, no. 2, p. 210, 2023,
- [12] G. R. Ignatius, A. Sugiri, and A. Suudi, “Perancangan dan Perhitungan Sudu Turbin Angin Horizontal NACA 4412 Variasi Sudut Serang Menggunakan Simulasi BEM,” *J. FEMA*, vol. 8, no. 2, pp. 34–37, 2020