

PENGARUH JUMLAH SUDU PADA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN DAN TEKANAN

¹Ridwan, ²Abdul Latief

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
ridwan@staff.gunadarma.ac.id, latiefconstantine@gmail.com

Abstrak

Angin merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan. Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) dapat digunakan untuk memanfaatkan angin menjadi energi mekanik atau energi listrik. Komponen utama SKEA terdiri dari rotor dengan sudu sebagai penggerak utama. Salah satu kelemahan turbin angin adalah efisiensinya yang masih relatif rendah, sehingga masih terus diteliti khususnya terkait dengan sudu (*blade*) rotor turbin. Pada penelitian ini dilakukan simulasi terhadap sudu turbin angin sumbu vertikal Savonius tipe U yang dipasang pada rotor turbin. Ada 3 kategori rotor yang disimulasikan yaitu: rotor dengan jumlah sudu/*blade* 2, 3 dan 4. Kecepatan angin yang diterapkan/dialirkan pada simulasi sudu ini adalah 5 m/dtk. Simulasi ini menggunakan alat bantu perangkat lunak SolidWorks/flow simulatian berbasis Finite Element Analysis (FEA). Tujuan penelitian ini akan dilihat/diketahui besarnya distribusi kecepatan dan distribusi tekanan pada masing-masing sudu tersebut. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa rotor dengan jumlah blade tiga memberikan distribusi kecepatan yang lebih tinggi yakni (4,8 m/dtk) dibanding dengan rotor dengan empat blade empat (4,5 m/dtk) dan dua blade (4,3 m/dtk). Turbin dengan jumlah blade tiga memberikan perbedaan distribusi tekanan maksimum dan minimum paling rendah dibanding turbin dengan empat blade dan dua blade, yakni 21,32 Pascal.

Kata Kunci: Angin, distribusi kecepatan, distribusi tekanan, savonius, solidWorks.

Abstract

Wind is one of the renewable energy sources that can be utilized as mechanical or electrical energy through the Wind Energy Conversion System (SKEA) The main components of the SKEA consist of rotors with blades as the main movers. One of the disadvantages of wind turbines is that their efficiency is still relatively low, so In this research, simulation on the Savonius vertical axis type U wind turbine blade is mounted on the turbine rotor, there are 3 simulated rotor categories: rotor with the number of blades / blade 2, 3 and 4. The wind speed applied / flowed in this blade simulation is 5 m / s, this simulation is used by SolidWorks / flow simulatian software based on Finite Element Analysis (FEA) The purpose of this research will be to see / know the magnitude of the velocity distribution and pressure distribution on each of the blades. From the simulation results it is known that the rotor of three blades provides a better / higher velocity distribution (4.8 m / sec) compared to four-blade rotors (4.5 m / sec) and two blades (4.3 m / sec). Turbines with three blades provide the maximum and minimum pressure distribution differences compared to turbines with four blades and two blades 21.32 Pascal.

Keywords: pressure distribution, Savonius, solidWorks, velocity didtribution, wind.

PENDAHULUAN

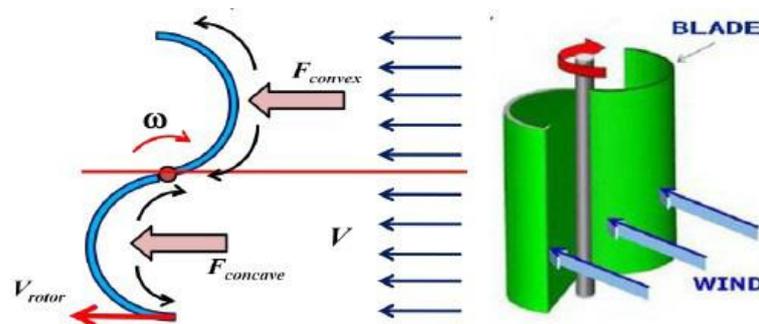
Angin merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi mekanik atau listrik melalui suatu konversi yang dinamakan Sistem Konversi energi angin (SKEA)[1]. Komponen utama SKEA terdiri dari rotor dengan sudu sebagai penggerak utama, generator sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan lain-lain. Energi angin merupakan salah satu energi yang ramah terhadap lingkungan. Energi ini dapat menjadi solusi terhadap pemanasan global dan berpotensi menggantikan energi dari fosil.[2]

Pemenuhan energi dalam suatu negara menjadi suatu hal yang sangat penting karena sangat mempengaruhi perkembangan industri di negara tersebut. Salah satu komoditi unggulan dalam peradaban modern adalah energi [2,3]. Jumlah konsumsi energi telah menjadi indikator untuk standar hidup dan tingkat industrilisasi. Saat ini, hampir

90% dari energi dunia berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu batubara, minyak petroleum, gas alam, dan lain-lain.[4]

Trend penggunaan energi baru terbarukan termasuk energi angin mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang diprediksi akan mengalami kenaikan penggunaan mencapai 10 % dari konsumsi energi dunia pada tahun 2030. [2,5]. Kondisi alam dan geografis di Indonesia sangat cocok diterapkan turbin angin sumbu vertikal. Savonius turbin termasuk dalam salah satu jenis turbin sumbu vertikal.

Turbin angin sumbu vertikal tipe savonius sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1 memiliki kelebihan yakni dapat bekerja pada kecepatan angin yang relatif rendah dibanding dengan turbin angin sumbu horisontal [6]. Selain itu turbin jenis ini memiliki konstruksi yang sederhana dibanding jenis sumbu horisontal [7]. Prinsip kerja turbin Savonius dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar. 1 Skematik turbin angin savonius dua sudu dengan gaya hambat [5,8].

Jumlah sudu pada rotor turbin sangat mempengaruhi performa turbin angin sumbu

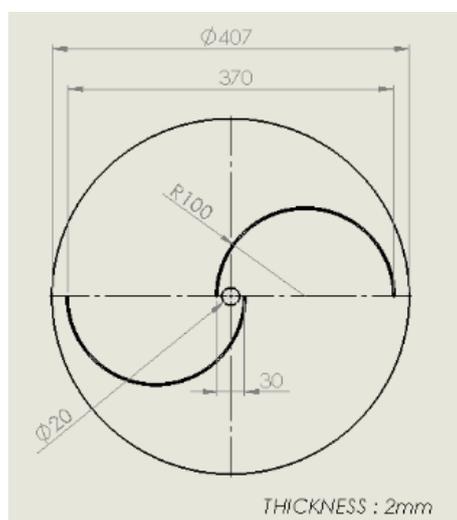
vertikal khususnya tipe savonius. Pada kecepatan angin (*wind speed*) yang relatif

sekitar 3 -5 m/s performa turbin meningkat seiring dengan penambahan jumlah sudu turbin [9]. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh jumlah sudu terhadap performa turbin yang mencakup distribusi kecepatan dan distribusi tekanan yang terjadi. Distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang diterima sudu turbin sangat mempengaruhi performa turbin tersebut dan berbanding lurus dengan putaran poros yang dapat dihasilkan turbin.

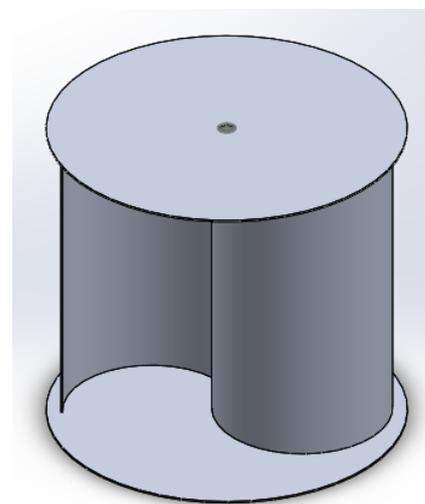
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi numerik dengan bantuan perangkat lunak solidworks (*flow simulations*) berbasis *Finite Element Analysis*

(*FEA*). Pada penelitian ini disimulasikan sudu turbin angin sumbu vertikal Savonius berbentuk U dengan 3 macam jumlah sudu (*blade*) yaitu 2, 3 dan 4 sudu. Kecepatan angin yang diterapkan atau dialirkan melalui sudu yaitu seragam sebesar 5 m/dtk. Model masing-masing sudu dibuat dalam dua dimensi (2D). Selanjutnya model sudu tersebut dibuat dalam model tiga dimensi (3D) dengan dimensi ukuran diameter sudu (d) = 200 mm, tinggi rotor = 370 mm, dan ketebalan *blade* dan *endplate* = 2 mm. Desain sudu dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 2 sampai Gambar 4 terlihat pada pandangan/ tampak atas dan tampak isometri/3D masing – masing untuk desain 2 sudu, 3 sudu dan 4 sudu.



(a)

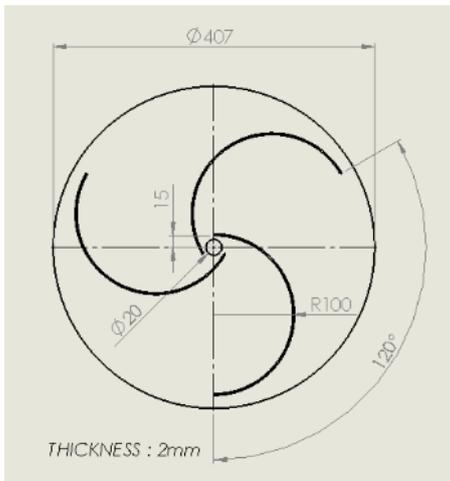


(b)

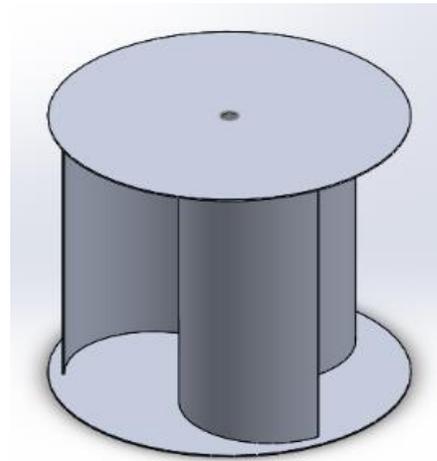
Gambar 2. Turbin Savonius 2 Sudu : (a) tampak atas, (b) tampak isometri/3D

Pada Gambar 2 ditunjukkan desain sudu untuk turbin savonius dengan banyaknya sudu adalah 2. Pada Gambar 2 (a) desain sudu

disajikan dalam 2 dimensi yang merupakan tampak atas, sedangkan pada Gambar 2 (b) merupakan desain sudu dalam 3 dimensi.



(a)

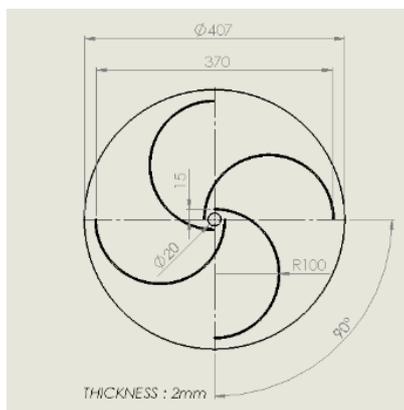


(b)

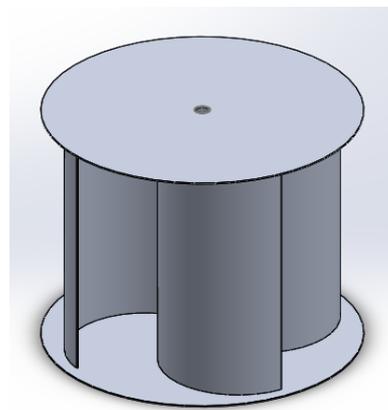
Gambar 3. Turbin Savonius 3 Sudu : (a) tampak atas, (b) tampak isometri/3D

Pada Gambar 3 ditunjukkan desain sudu untuk turbin savonius dengan banyaknya sudu adalah 3. Pada Gambar 3 (a) desain sudu disajikan dalam tampak atas

sehingga berupa desain 2 dimensi. Gambar 2 (b) merupakan desain sudu dalam 3 dimensi sesuai dengan desain 2 dimensi pada Gambar 3 (a).



(a)

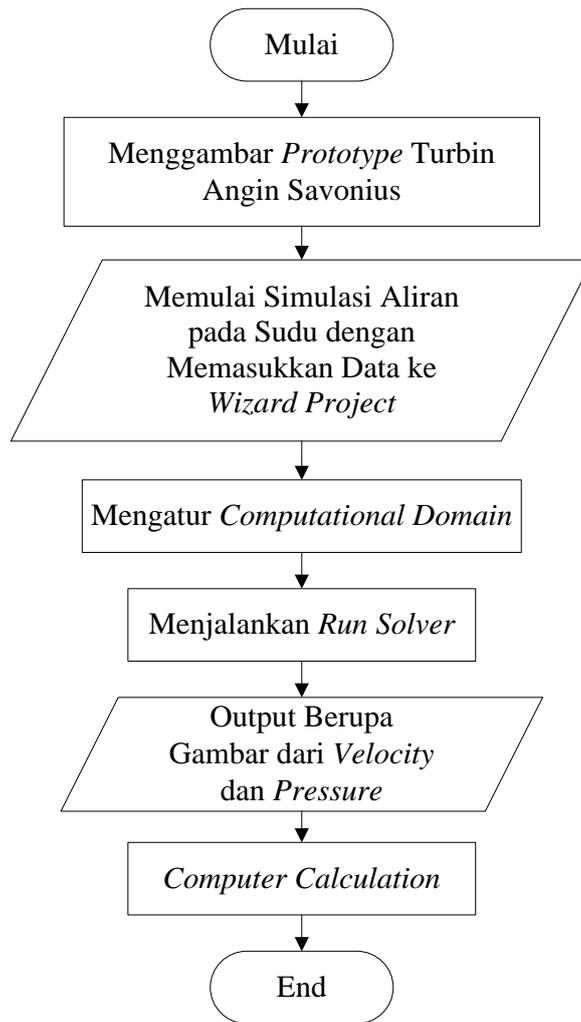


(b)

Gambar 4. Turbin Savonius 4 Sudu : (a) tampak atas, (b) tampak isometri/3D

Pada Gambar 4 ditunjukkan desain sudu untuk turbin savonius dengan banyaknya sudu adalah 4. Pada Gambar 4 (a) desain sudu

disajikan dalam 2 dimensi yang merupakan tampak atas, sedangkan pada Gambar 4 (b) merupakan desain sudu dalam 3 dimensi.



Gambar 5. Diagram Alir Simulasi

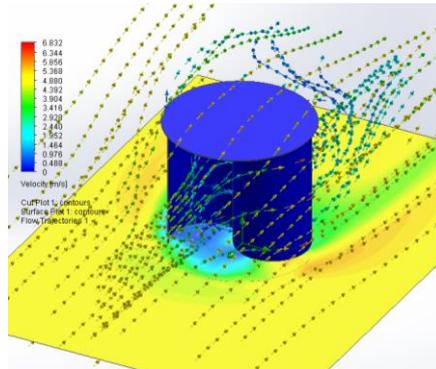
Gambar 5 merupakan *flow chart* proses simulasi. Penelitian dimulai dengan desain sudu sampai 3D yang dilanjutkan dengan mengatur kondisi batas dan domain Tahap berikutnya adalah menjalankan solver, running/simulasi. *Output* yang ditampilkan adalah data berupa distribusi kecepatan dan distribusi tekanan masing-masing sudu, serta melakukan analisis data hasil simulasi. Kecepatan angin dalam simulasi ini diterapkan/dialirkan seragam ke masing-masing

sudu/blade yakni 5 m/dtk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil/*output* dari simulasi yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk distribusi kecepatan dan distribusi tekanan untuk masing-masing rotor turbin dengan jumlah sudu atau blade 2,3, dan 4 blade. Sebagaimana dapat di-lihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 11.

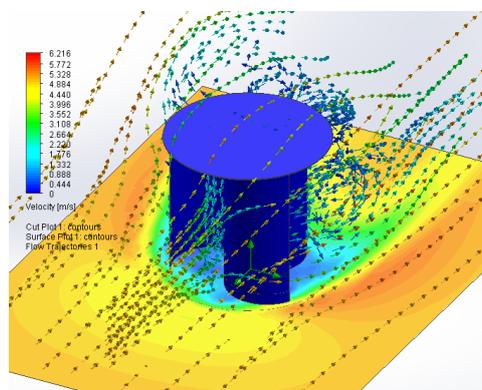
Distribusi Kecepatan



Gambar 6. Distribusi kecepatan pada turbin 2 blades

Pada Gambar 6 ditunjukkan distribusi kecepatan pada turbin dengan jumlah blade sebanyak dua buah. Pada gambar tersebut terlihat distribusi kecepatan paling rendah yakni 0 m/det ditandai dengan warna biru tua pada blade. Garis-garis arus yang menggambarkan kecepatan angin mengenai dan melalui sudu melintas melewati sudu dari sisi atas, samping kanan dan bawah dari blade. Kontur warna yang terjadi mulai dari biru tua, biru muda hijau, dan didominasi warna kuning dan hijau pada dasar sudu. Pada belakang sudu terlihat semacam olakan

(wake) dan selanjutnya arus berbelok. Distribusi kecepatan tertinggi yang terjadi pada bagian luar sudu berkisar 1,4 m/det sampai 4,3 m/det. Distribusi kecepatan aliran angin pada turbin dengan 2 blade tidak terlihat kecepatan angin yang mendekati kecepatan angin 5 m/dtk sebagaimana kecepatan angin yang dialirkan/disimulasikan pada blade. Hal ini diakibatkan karena turbin dengan jumlah sudu dua angin langsung terdistribusi secara merata kesamping sudu karena terjadi keseimbangan pada dua sudu tersebut pada kedua sisinya.

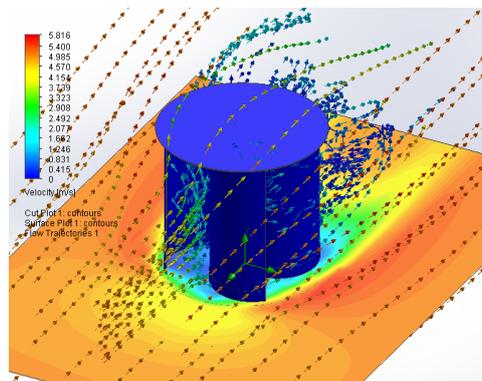


Gambar 7. Distribusi kecepatan pada turbin 3 blades

Pada Gambar 7 terlihat distribusi kecepatan pada turbin dengan jumlah blade sebanyak tiga buah. Pada gambar tersebut terlihat distribusi kecepatan paling rendah yakni 0 m/det dan tertinggi berada pada 4,8 m/dtk. Garis-garis arus yang menggambarkan kecepatan angin mengenai dan melalui sudu melintas melewati sudu dari sisi atas, samping kanan dan tengah sudu. Kontur warna lebih didominasi warna kuning tua kemerah-merahan dan terlihat distribusi kecepatannya lebih merata dan lebih rapat garis arusnya dibanding pada sudu dengan jumlah blade dua buah. Distribusi kecepatan terlihat lebih merata pada setiap sudu, dan terjadi kecepatan yang tetap tinggi yaitu di atas 4 m/dtk pada setiap sudu sehingga hal ini sangat bagus dan berpotensi untuk memberikan dorongan pada sudu sehingga

pada akhirnya akan memberikan kecepatan putar yang lebih tinggi pada rotor turbin. Kecepatan rotor turbin berbanding lurus dengan konversi energi putar (mekanik) rotor menjadi energi listrik pada generator yang dapat menghasilkan listrik, sebagai konversi dari putaran rotor bilamana dihubungkan dengan generaor listrik.

Turbin dengan jumlah blade tiga dari hasil simulasi terlihat menyebabkan distribusi kecepatan yang lebih tinggi dan merata dengan baik pada setiap sudu turbin. Hal ini diakibatkan karena posisi turbin sumbu vertikal ini memberikan keseimbangan kecepatan angin bila mana pada sudu satu telah dilewati angin selanjutnya diteruskan ke sudu dua dan sudu tiga, sehingga efektifitas angin yang dialirkan mampu terdistribusi dengan baik ke masing-masing sisi sudu.



Gambar 8. Distribusi kecepatan pada turbin 4 blades

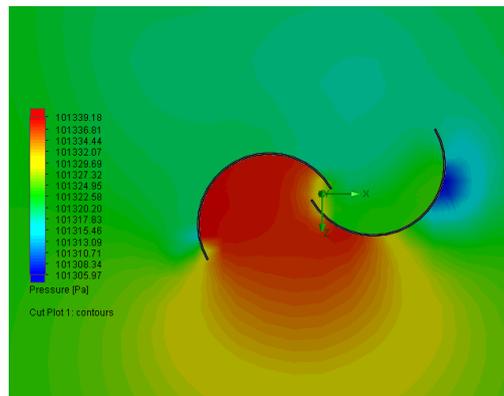
Pada Gambar 8 terlihat distribusi kecepatan pada turbin dengan jumlah blade sebanyak empat buah/bilah. Pada gambar tersebut terlihat distribusi kecepatan paling rendah yakni 0 m/det dan tertinggi berada pada 4,5 m/dtk. Garis-garis arus yang

menggambar-kan kecepatan angin mengenai dan melalui sudu melintas melewati sudu dari sisi atas, dan samping sudu. Kontur warna lebih didominasi warna kuning tua, dan terlihat distribusi kecepatannya lebih terkonsentrasi dibelakang blade, dan terjadi

olakan (*wake*) yang tinggi. Olakan yang tinggi akan kurang baik bagi putaran rotor yang juga dapat mengakibatkan hambatan pada sudu sehingga sebagian gaya dorong aliran angin tidak sepenuhnya mendorong sudu dan tidak maksimalnya konversi putaran nantinya ke rotor blade.

Semakin tinggi distribusi kecepatan yang terjadi pada rotor akan semakin baik karena memungkinkan memberikan gaya dorong pada sudu dan diteruskan pada poros rotor sehingga dapat menghasilkan energi mekanik, energi listrik berguna sesuai dengan kebutuhan/aplikasinya.

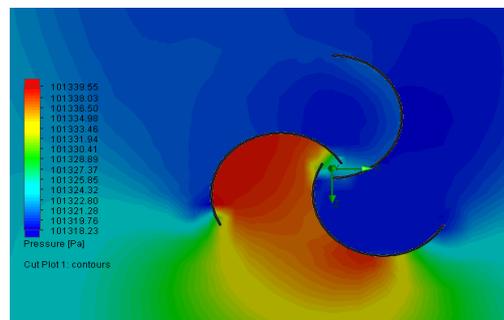
Distribusi Tekanan



Gambar 9. Distribusi tekanan pada turbin angin 2 blades

Pada Gambar 9 terlihat distribusi tekanan pada turbin dengan jumlah blade dua, distribusi tekanan minimum terjadi pada simulasi ini yaitu 101.305,97 Pascal dan tertinggi sebesar 101.339,18. Pascal dengan selisih sebesar 33,21 Pascal. Hasil simulasi dengan dua blade ini terlihat tekanan akibat

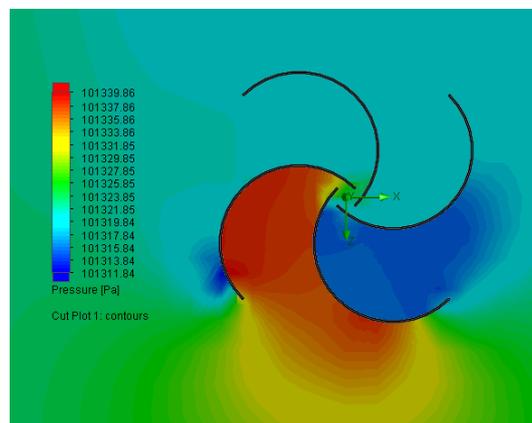
kecepatan angin tidak merata secara luas. Pada kedua blade lebih terkonsentrasi pada satu sudu sehingga tidak optimal dalam memberikan gaya dorong atau torsi pada sudu yang berakibat langsung pada kemampuan rotor melalui blade melakukan putaran poros turbin.



Gambar 10. Distribusi tekanan pada turbin angin 3 blade

Gambar 10 menampilkan distribusi tekanan pada turbin dengan jumlah blade tiga, distribusi tekanan minimum terjadi adalah 101.318,23 Pascal dan tertinggi sebesar 101.339, 23 Pascal, dengan selisih 21, 32 Pascal. Hasil simulasi dengan tiga blade ini terlihat tekanan akibat kecepatan angin lebih merata secara luas pada pada sekitar blade, sehingga lebih optimal dalam memberikan gaya dorong atau torsi pada sudu yang berakibat langsung pada

kemampuan rotor melalui blade melakukan putaran poros turbin. Distribusi tekanan dekat rotor lebih tinggi dan tersebar secara luas hal ini dapat terjadi karena turbin dengan tiga blade mampu menahan angin dan selanjutnya mendistribusikan lebih cepat pada rotor berikutnya sambil berputar. Salah satu kelebihan dari turbin angin sumbu vertikal adalah dengan kecepatan angin yang relatif rendah sekitar 0,5 m/s sampai 3 meter perdetik sudah mampu memutar rotor turbin.



Gambar 11. Distribusi tekanan pada turbin angin 4 blade

Pada Gambar 11 terlihat distribusi tekanan pada turbin dengan jumlah blade empat. Distribusi tekanan minimum terjadi adalah 101.311,84 Pascal dan tertinggi sebesar 101.339,86. Pascal dengan selisih/perbedaan sebesar 28,02 Pascal. Hasil simulasi dengan empat blade ini terlihat tekanan akibat kecepatan angin kurang merata dibanding pada turbin dengan tiga blade, tapi masih lebih baik dibanding turbin dengan dua blade. Tekanan kurang terdistribusi secara merata. Tekanan yang terjadi pada sudu satu, jauh berbeda dengan sudu dua, tiga

dan empat. Turbin dengan jumlah sudu empat memiliki masa yang lebih tinggi dari turbin dengan jumlah blade tiga sehingga tekanan dari dorongan /kecepatan angin sebagian terserap/terdisipasi dari massa rotor ini, sehingga efektifitas turbin dengan tiga blade lebih baik dalam distribusi tekanan dari turbin empat blade. Semakin kecil perbedaan antara distribusi/sebaran tekanan yang tertinggi dan terendah maka akan berdampak baik. Hal ini berbanding lurus dengan performa rotor turbin karena berbanding langsung dengan energi putar/energi mekanik,

torsi serta daya yang bisa dibangkitkan melalui putaran poros rotor turbin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Jumlah sudu pada turbin angin sumbu vertikal jenis savonius mempengaruhi distribusi kecepatan dan distribusi tekanan angin yang melalui dan bekerja pada sudu/blade turbin. Distribusi kecepatan maksimum terjadi pada turbin dengan jumlah sudu sebanyak 3 yaitu 4,8 m/dtk, dan distribusi kecepatan turbin dengan empat sudu lebih tinggi dibanding dengan turbin dengan jumlah sudu dua. Distribusi kecepatan tertinggi pada turbin dengan empat blade yakni 4,5 m/dtk, sedangkan pada turbin dengan jumlah sudu dua distribusi tekanan tertinggi hanya 4,3 m/dtk. Turbin dengan jumlah blade tiga memberikan perbedaan distribusi tekanan maksimum dan minimum paling rendah dibanding turbin dengan empat blade dan dua blade, yakni 21,32 Pascal. Turbin dengan empat blade memiliki perbedaan distribusi tekanan maksimum dan minimum sebesar 28,02 Pascal dan turbin dengan dua blade sebesar 33,21 Pascal.

Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah variasi bentuk jumlah sudu dan variasi besar kecepatan angin yang dialirkan pada sudu turbin. Diperlukan pengujian eksperimen pada terowongan angin (*wind tunnel*) untuk melihat perbandingan antara hasil simulasi dan hasil eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Kayiem, H. H. Bhayo, B. A. Assadi, and Mohsen, "Comparative critique on the design parameters and their effect on the performance of S-rotors," *Renewable Energy*, vol. 99, hal. 1306-1317, 2016.
- [2] BP, *BP Energy Outlook*, Jakarta : ESDM, 2017.
- [3] F. H. Napitupulu, dan S. Siregar. "Perancangan turbin vertikal axis savonius dengan menggunakan 8 buah sudu lengkung," *Jurnal Dinamis*, vol. 1, no. 13, hal. 24 – 36, 2013.
- [4] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, "An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades" *Energy Procedia*, vol. 68, hal. 297 - 304, 2015.
- [5] J. V. Akwa., G. A. d. S. Júnior, and A. P. Petry. "Discussion on the verification of the overlap ratio influence on performance coefficients of a Savonius wind rotor using computational fluid dynamics." *Renewable energy*, vol 38, no. 1, hal. 141-149, 2012.
- [6] M. E. Prasetya, "Studi kinerja turbin angin sumbu horizontal naca 4412 dengan modifikasi sudu tipe flat pada variasi sudut kemiringan 0°,

- 10°, 15°,” Tesis, UMS, Surakarta, 2015.
- [7] N.H.Mahmoud, A.A.El-Haroun, E.Wahba, and M.H.Nasef, “An experimental study on improvement of Savonius rotor performance,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 51, hal. 19-25, 2012.
- [8] Ridwan, I. Setyawan, dan A. Latief, “Pengaruh Jumlah Sudu dan Jumlah Fin pada Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Tipe U,” *SEMRESTEK 2018 Proceedings*, 2018, hal. 225-234.
- [9] S. M. Irvan, “Savonius wind turbine vertical design for source of energy for lighting the highways,” Tesis, Universitas Gunadarma, Depok, 2017.