
SUBMISSION 90

Pengaruh Jumlah Sudu dan Jumlah Fin pada Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Tipe U.

Ridwan*, Iwan Setyawan, dan Abdul Latief

Program Studi Teknik Mesin FTI Universitas Gunadarma.

Abstrak. Energi angin merupakan salah satu energi baru dan terbarukan yang sangat potensial dikembangkan dan diaplikasikan di Indonesia. Turbin angin Savonius termasuk salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal. Salah satu kelebihan turbin angin Savonius adalah mampu bekerja pada kecepatan angin yang relatif rendah sebagaimana umumnya kecepatan angin yang ada di wilayah Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jumlah sudu dan jumlah fin yang ditambahkan pada sudu terhadap unjuk kerja turbin. Jumlah sudu turbin yang diteliti adalah dua dan tiga sudu, serta jumlah fin yang ditambahkan pada masing-masing sudu tersebut yaitu 1 fin, dan 2 fin, serta sudu tanpa penambahan fin (sudu standard). Simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks (*flow simulations*) berbasis metode *finite element analysis* (FEA). Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi tekanan maksimum terjadi pada penambahan pada rotor dengan jumlah blade tiga yang ditambahkan 1 fin yaitu 101329.92 Pa, distribusi tekanan paling rendah terjadi pada rotor dengan jumlah blade dua tanpa penambahan fin yaitu 101316.84 Pa.

Kata kunci: *Blade; fin; savonius; turbin angin*

1. Pendahuluan

Pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan terus diteliti, dengan tujuan untuk menghasilkan efisiensi yang lebih baik [1]. Salah satu teknologi Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) yang telah lama digunakan adalah *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Salah satu jenis yang dari VAWT yaitu Turbin angin tipe Savonius [2]. Turbin Savonius bekerja berdasarkan perbedaan dari gaya *drag* yang mengenai permukaan setengah lingkaran dari rotor. Jumlah dari gaya *drag* yang bila bernilai positif akan mampu memutar poros turbin. Turbin angin Savonius termasuk turbin angin tipe drag, turbin ini dalam menghasilkan daya, yaitu dengan memanfaatkan gaya drag yang di hasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu [3]

Angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi mekanik atau listrik melalui suatu konversi yang dinamakan Sistem Konversi energi angin (SKEA)[4]. 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.[5]

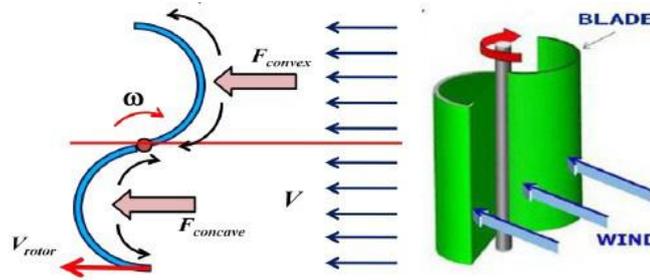
Pemenuhan energi dalam suatu negara menjadi suatu hal yang sangat penting, karena sangat mempengaruhi perkembangan industri di negara tersebut. Salah satu komoditi unggulan dalam peradaban modern adalah energi [6]. Jumlah konsumsi energi telah menjadi indikator untuk standar hidup dan tingkat industrialisasi. Saat ini, hampir sembilan puluh persen dari energi dunia berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu batubara, minyak petroleum, gas alam, dan lain-lain.[7]

Trend penggunaan energi terbarukan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang diprediksi akan mengalami kenaikan penggunaan mencapai 10 % dari konsumsi energi dunia pada tahun 2035. [6,8].

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

* Corresponding author: ridwan@staff.gunadarma.ac.id

sumbu horisontal [5, 9]. Selain itu turbin jenis ini memiliki konstruksi yang sederhana dibanding jenis sumbu horisontal [10]. Prinsip kerja turbin Savonius dapat dilihat pada gambar berikut ini.



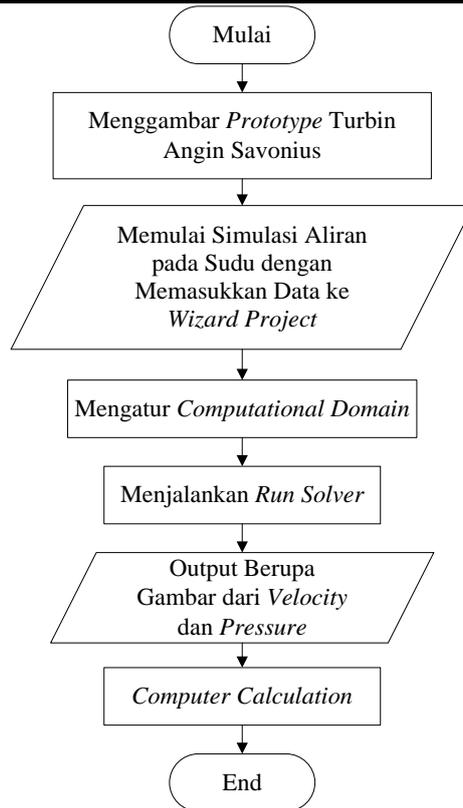
Gambar. 1 Skematik turbin angin savonius dua sudu dengan gaya hambat [5]

Jumlah sudu pada rotor turbin sangat mempengaruhi performa turbin angin sumbu vertikal khususnya tipe savonius. Pada kecepatan angin (*wind speed*) yang relatif sekitar 3 m/s performa turbin meningkat seiring dengan penambahan jumlah sudu turbin [5]. Penelitian terdahulu belum melibatkan adanya penambahan fin pada sudu. Tujuan penelitian yang kami lakukan ini adalah melihat pengaruh jumlah sudu dan jumlah fin yang ditambahkan pada sudu terhadap performa turbin, khususnya terkait dengan distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang terjadi pada sudu turbin. Distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang diterima sudu turbin sangat mempengaruhi performa turbin tersebut.

2. Metode Penelitian

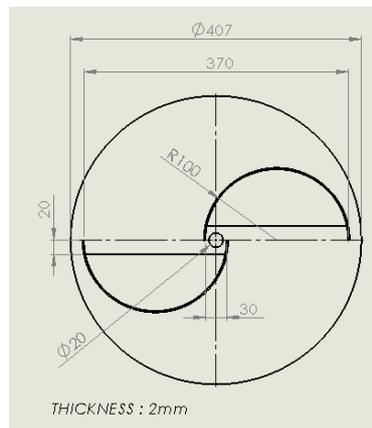
Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi numerik berbantu perangkat lunak solidworks (*flow simulations*), berbasis *Finite Element Analysis (FEA)*. Gambar 1 merupakan *flow chart* proses simulasi [11]. Penelitian dimulai dengan studi literature, desain sudu, mengatur domain, menjalankan solver, simulasi, output dengan menampilkan data berupa distribusi tekanan dan distribusi kecepatan serta dan analisis data hasil simulasi.

Pada penelitian ini disimulasikan sudu turbin angin savonius berbentuk U dengan jumlah sudu (*blade*) 2 dan jumlah *blade* 3. Masing-masing sudu ditambahkan satu fin, dua fin dan sudu tanpa fin. Kecepatan angin yang diterapkan yaitu 3 m/s. Masing-masing sudu dibuat model dalam dua dimensi (2D), dan dilanjutkan dengan pembuatan model tiga dimensi (3D), diameter sudu (d) = 200 mm, tinggi rotor = 370 mm, dan ketebalan *blade* dan *endplate* = 2 mm. Proses simulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

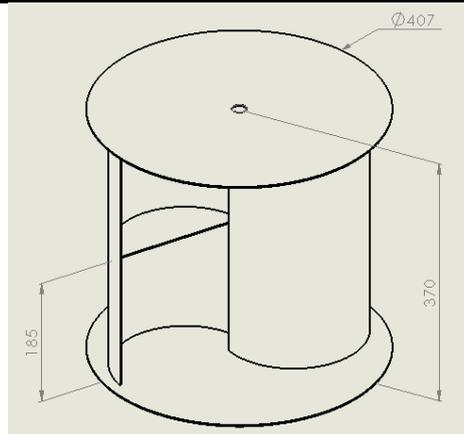


Gambar. 2 *Flow chart* proses simulasi

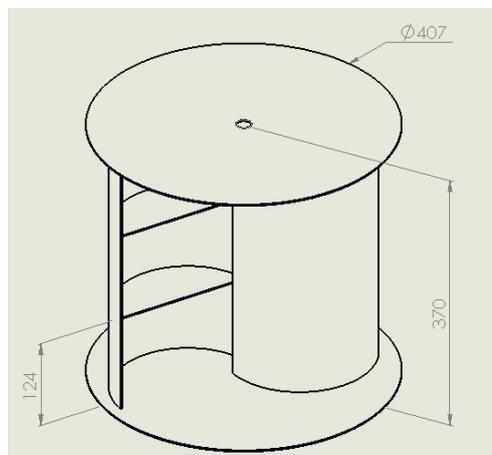
Gambar.2 adalah tampilan gambar potongan dan tampilan 2 D sudu prototype turbin yang disimulasikan, tampak atas dan depan, sudu yang ditambahkan satu fin dan dua fin.



(a)



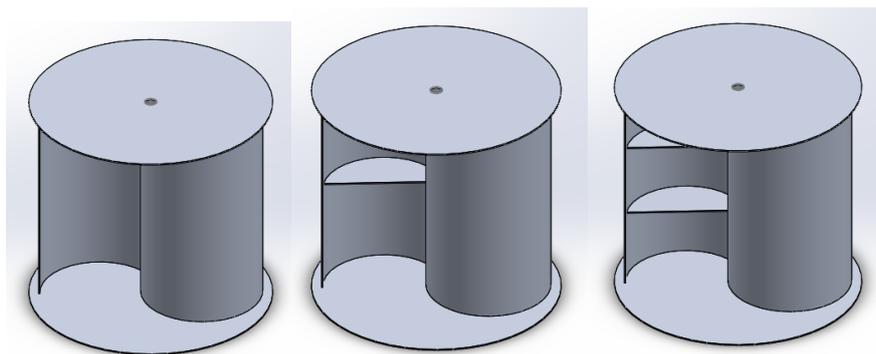
(b)



(c)

Gambar. 3. Sudu rancangan 2D: (a) tampak atas, (b) sudu 1 fin, (c) sudu 2 fin.

Gambar 4 adalah model sudu yang disimulasikan, jumlah sudu 2 masing masing tanpa fin, 1 fin, dan 2 fin.

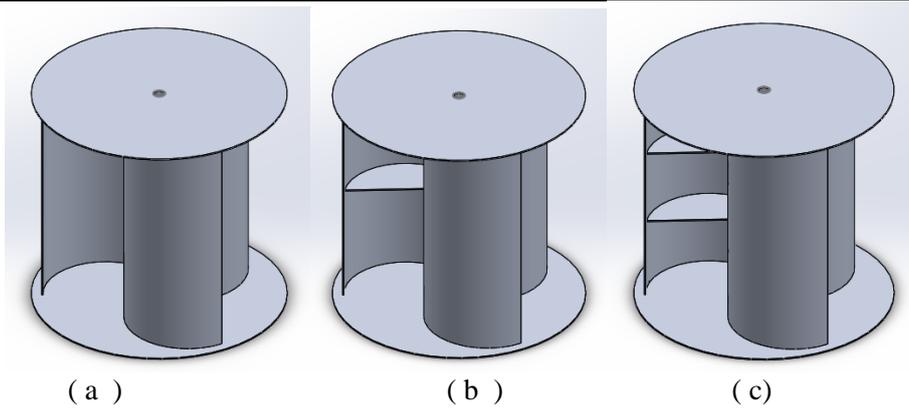


(a)

(b)

(c)

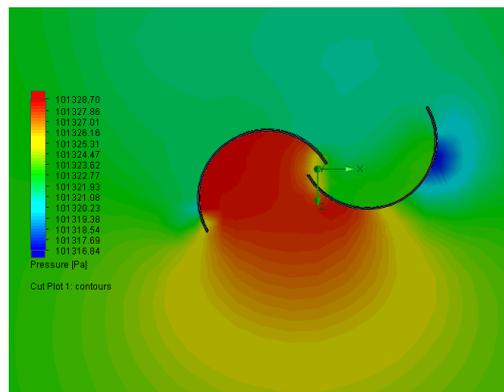
Gambar.4. Savonius dua sudu dengan variasi penambahan fin: (a) tanpa fin, (b) 1 fin, (c) 2 fin



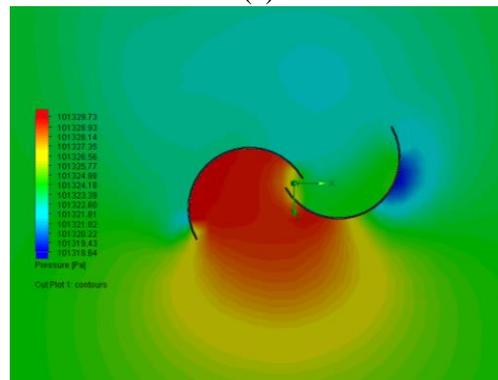
Gambar.5. Savonius tiga sudu dengan variasi penambahan fin: (a) tanpa fin, (b) 1 fin, (c) 2 fin

3. Hasil dan Pembahasan

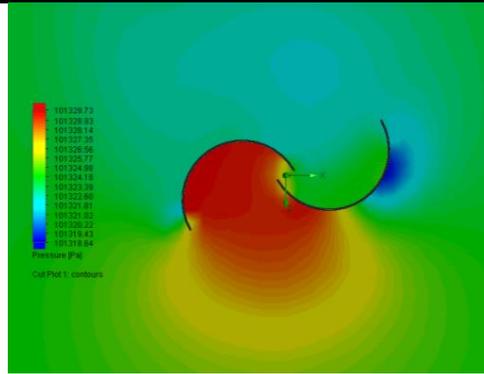
Hasil simulasi pada rotor Savonius tipe U yang telah dibuat dimana jumlah sudu (*blade*) sebanyak 2 dan jumlah sudu 3, dengan kecepatan angin (*wind speed*) 3 m/s, dihasilkan output/tampilan berupa distribusi tekanan dan distribusi kecepatan, masing- masing sudu tanpa fin, 1 fin dan 2 fin, tampilan gambar berupa tersebut dapat dilihat pada gambar 6 sampai dengan gambar 9 berikut;.



(a)



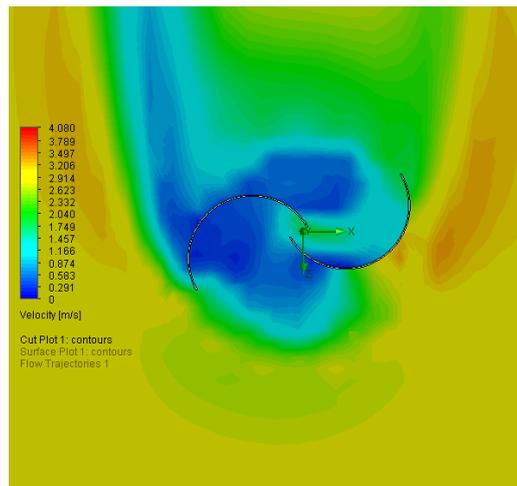
(b)



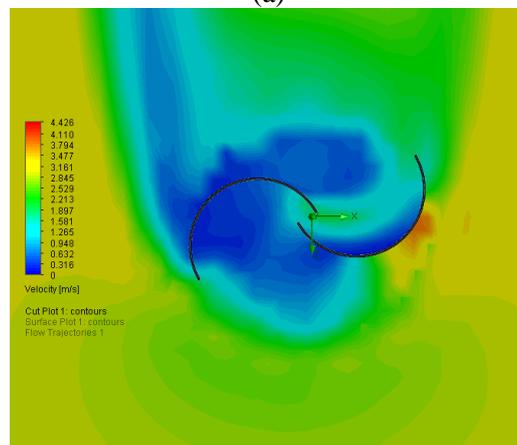
(c)

Gambar.6 Cut Plot Pressure pada Kecepatan 3 m/s 2 blade . (a) Tanpa Fin (b) 1 Fin (c) 2 Fin.

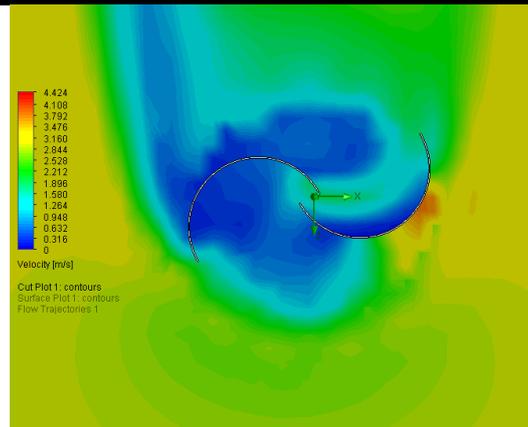
Gambar 6 merupakan *cut plot pressure* dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 3 m/s. Pada gambar 6 (a) menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe U tanpa modifikasi dimana Pressure terbesar senilai 101328.70 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101316.84 Pa. Pada gambar 6 (b) yang merupakan sudu tipe U dengan 1 Fin dimana *Pressure* terbesar senilai 101329.73 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101318.64 Pa. Pada gambar .6 (c) yang merupakan sudu tipe U dengan 2 Fin dimana *pressure* terbesar senilai 101328.93 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101318.64 Pa. Luas daerah yang bertekanan tinggi terjadi dan terjadi secara merata pada sudu dengan penambahan 1 fin, diikuti sudu dengan penambahan dua fin tan sudu tanpa penambahan fin.



(a)



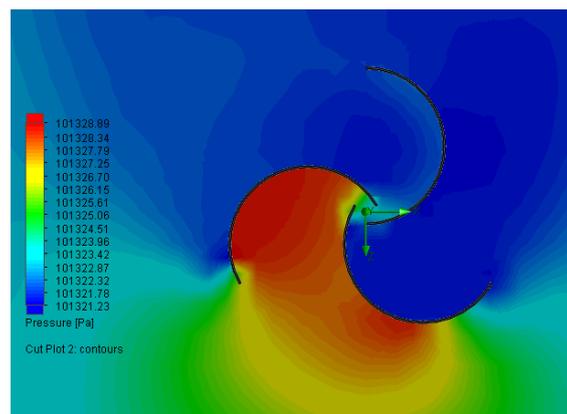
(b)



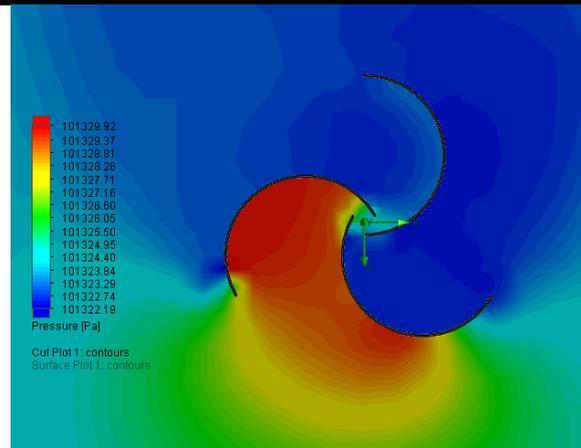
(c)

Gambar 7. *Cut Plot Velocity* pada Kecepatan 3 m/s 2 blade. (a) Tanpa Fin (b) 1 Fin (c) 2 Fin.

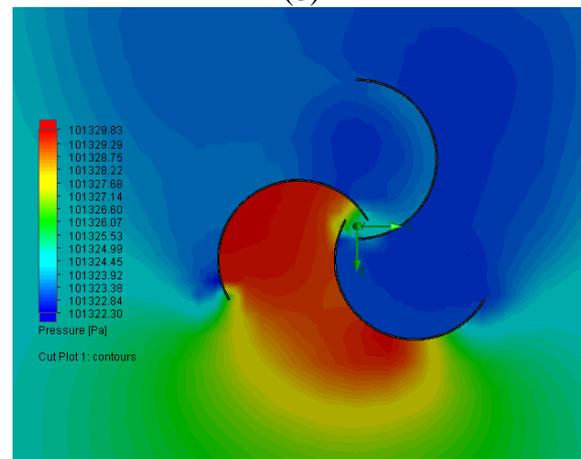
Gambar .7 merupakan *cut plot velocity* dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 3 m/s. Pada gambar .7 (a) menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe U tanpa penambahan fin atau sudu standard, dimana *velocity* tertinggi senilai 1.749 m/s dan *velocity* terendah sebesar 0.291 m/s. Pada gambar .7 (b) yang merupakan sudu dengan 1 Fin dimana *velocity* tertinggi senilai 1.87 m/s dan *velocity* terendah sebesar 0,316 m/s. Pada gambar .7 (c) yang merupakan sudu dengan penambahan 2 Fin dimana *velocity* tertinggi senilai 1.896 m/s dan *velocity* terendah sebesar 0,316 m/s. Luas daerah yang mempunyai *velocity* terluas adalah Gambar .7 (c) dengan *velocity* senilai 1.839 m/s. Pengaruh penambahan fin pada sudu seperti ditampilkan pad gambar 7 (b) terlihat bahwa rotor dengan dua sudu bila ditambahkan 1 fin memberikan distribusi kecepatan tertinggi dan merata secara luas dibanding sudu dengan tanpa fin gambar 7 (a) dan sudu dengan penambahan 2 fin gambar 7 (c). Pada kecepatan angin (*wind speed*) yang masih relatif rendah yakni 3 m/s penambahan jumlah fin pada sudu tidak Inier dengan terjadinya distribusi kecepatan tertinggi pada sudu. Distribusi tekanan tertinggi terjadi pada sudu yang ditambahkan 1 fin, diikuti dengan sudu dua fin dan sudu tanpa fin.



(a)



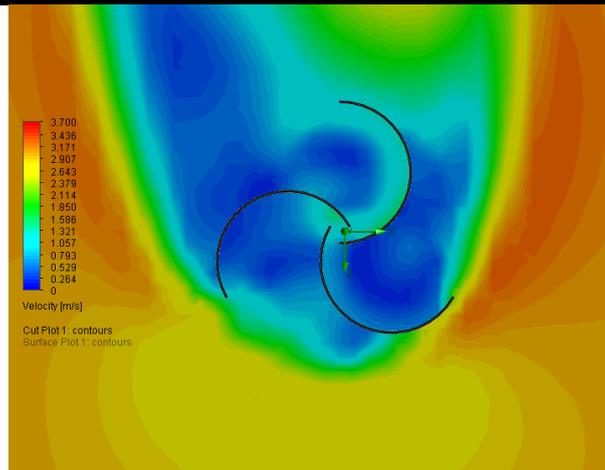
(b)



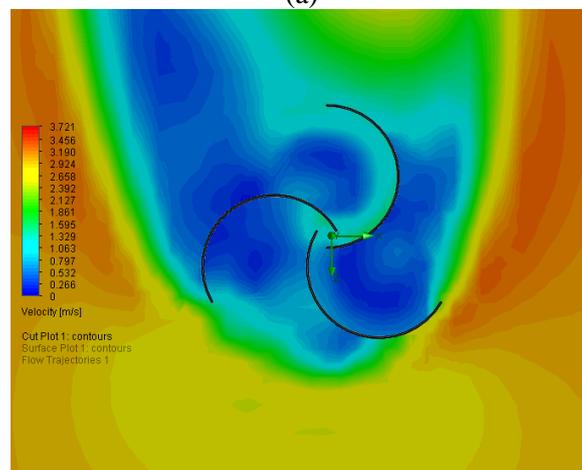
(c)

Gambar.8 Cut Plot Pressure pada Kecepatan 3 m/s 3 blade . (a) Tanpa Fin (b) 1 Fin (c) 2 Fin

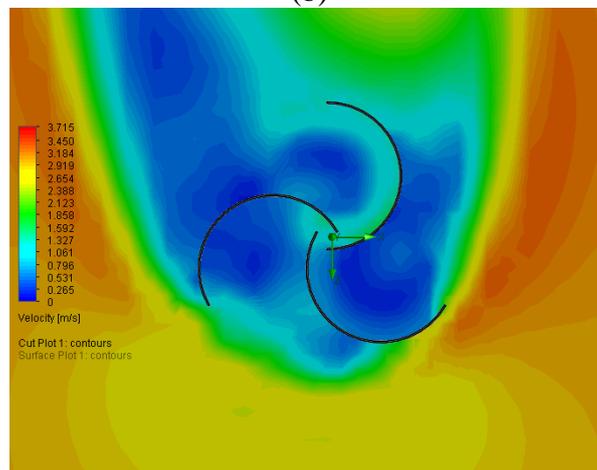
Gambar 8. merupakan *cut plot pressure* dari sudu tipe U dengan jumlah sudu sebanyak tiga, dengan kecepatan angin (*wind speed*) sebesar 3 m/s. Pada gambar 8 (a) menunjukkan daerah *pressure* yang dialami sudu tersebut tanpa modifikasi dimana *pressure* terbesar senilai 101328.89 Pa dan *pressure* terkecil sebesar 101321.23 Pa. Pada gambar 8 (b) yang merupakan sudu dengan penambahan 1 Fin dimana *pressure* terbesar senilai 101329.92 Pa dan *pressure* terkecil adalah 101322.11 Pa. Pada gambar 8. (c) yang merupakan sudu tipe U dengan penambahan 2 Fin dimana *Pressure* terbesar senilai 101329.83 Pa dan *pressure* terkecil adalah 101322.30 Pa. Luas daerah yang bertekanan tinggi dan terdistribusi secara merata dan luas terjadi pada gambar 8 (b) lebih tinggi dibanding sudu dengan penambahan dua fin gambar 8 (c) serta sudu tanpa fin sebagaimana terlihat pada gambar 8 (a). Penambahan jumlah fin pada sudu tidak menghasilkan distribusi tekanan tertinggi secara linier yang terjadi pada sudu (blade) turbin.



(a)



(b)



(c)

Gambar 9 Cut Plot Velocity pada Kecepatan 3 m/s 3 blade. (a) Tanpa Fin, (b) 1 Fin ,(c) 2 Fin

Gambar .9 merupakan cut plot velocity dari rotor turbin savonius sudu tipe U jumlah sudu 3 buah, kecepatan angin yang diterapkan pada sudu sebesar 3 m/s. Pada gambar .9 (a) menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tanpa modifikasi, yakni tanpa penambahan fin dimana velocity tertinggi senilai 2.379 m/s dan velocity terendah sebesar 0.264 m/s. Pada gambar .9 (b) yang merupakan sudu tipe U dengan 1 Fin dimana velocity tertinggi senilai 2.392 m/s dan velocity terendah sebesar 0,266 m/s. Pada gambar .9 (c) yang merupakan sudu dengan penambahan 2 Fin dimana velocity tertinggi senilai 2.388 m/s dan velocity terendah sebesar 0,265 m/s. Pengaruh penambahan fin pada sudu sebagaimana pada gambar 9

(b) tersebut terlihat bahwa rotor dengan tiga sudu bila ditambahkan 1 fin memperlihatkan distribusi kecepatan tertinggi dan merata secara luas dibanding sudu dengan tanpa fin gambar 9 (a) dan sudu dengan penambahan 2 fin gambar 9 (c).

KESIMPULAN

1. Distribusi tekanan yang terjadi pada rotor dipengaruhi oleh jumlah sudu dan jumlah fin yang ditambahkan pada sudu. Pada kecepatan angin yang sama, distribusi tekanan maksimum terjadi pada rotor dengan jumlah blade tiga yang ditambahkan 1 fin yaitu 101329.92 Pa, distribusi tekanan paling rendah terjadi pada rotor dua blade tanpa penambahan fin yaitu 101316.84 Pa.
2. Distribusi kecepatan terlihat merata dan luas terjadi pada penambahan fin baik untuk rotor dua sudu (*blade*), maupun pada rotor tiga sudu. Distribusi kecepatan tertinggi terjadi pada rotor tiga sudu dengan penambahan 1 fin dibanding sudu tanpa fin serta sudu dua fin. Pada jumlah sudu yang sama penambahan fin memberikan distribusi kecepatan yang lebih tinggi dan merata dibanding sudu tanpa fin.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Dikti, melalui (Simlitabmas) atas support dana dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ajao, Khan, and Mahamood, M.R., 2009. *Wind Energy Conversion System: The Past, The Present and The Prospect*. Journal of American Science. Volume 5, No 6
- [2] Saha, U.K.S. Totla dan D. Maity. 2008. *Optimum Design Configuration of Savonius Rotor Through Wind Tunnel Experiment*. Journal of Wind Energy and Industrial Aerodynamics, pp. 1359 – 1357
- [3] S. MS and M. Ibrochim, *Analisa Potensi Energi Angin Dan Estimasi Energi Output Turbin Angin di Lebak Banten*, *Jurnal Teknologi Dirgantara*, vol. 7, pp. 8-14, June 2009 .
- [4] Menet, J.L, dan N. Bouraba. 2004. *Increase in the Savonius Rotors Efficiency via a parametric Investigation*. European wind energy conference & Exhibition. London
- [5] 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, pp.297 - 304, 2015.
- [6] BP, *BP Energy Outlook*, ed, 2017.
- [7] N. H. Mahmoud, et al, *An experimental study on improvement of Savonius rotor performance*, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 51, pp. 19-25, 2012.
- [8] Ali, MH.et al, *Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two and Three Blades at Low Wind Speed*. *Int. J. Modern Eng.Research*, Vol.3 issue 5, 2013, pp. 2978-2986.
- [9] GWEC, *Global wind energy outlook*, Greenpeace & Global Wind Energy Council, 2014.
- [10] Altan, BD., Atilgan, M. and Ozdamar, A. *An Experimental Study on Improvement of a Savonius Rotor Performance with Curtaining*. *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 32, 2008, pp. 1673-1678.
- [11]. Dassault, *SolidWorks Essential solver modeling guide*, USA, 2012.